

电工电子名家畅销书系

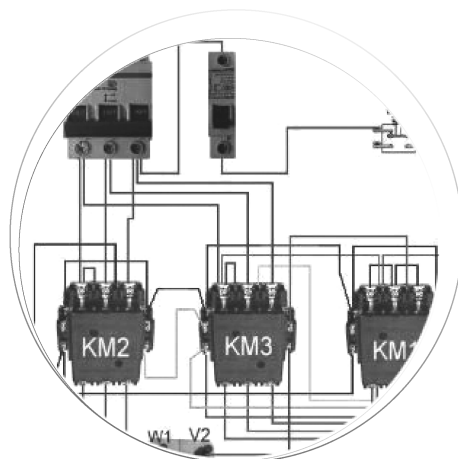
图解 电工技能入门

杨清德 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子名家畅销书系



图解

电工技能入门

杨清德 主编



机械工业出版社

本书详细介绍了电工识图技能、电工基本操作技能、照明电路及装置应用技能、常用高低压电器应用技能、供配电线路及装置应用技能、电动机应用技能、电力拖动控制技术、常用机电设备维护与检修技能和安全用电技术等内容。

本书以中级维修电工相关知识点为主线，图（表）文并茂，口诀归纳要点，具有简明、易懂、新颖、直观、实用的特点，适合于广大维修电工、装饰电工、电气工程技术人员阅读，也可供高职院校、技校及中职学校电类专业的学生阅读，还可作为电工培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

图解电工技能入门/杨清德主编. —北京：机械工业出版社，2013.9
（电工电子名家畅销书系）

ISBN 978-7-111-44063-5

I. ①图… II. ①杨… III. ①电工技术—图解 IV. ①TM-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 217998 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：付承桂 责任编辑：任 鑫

版式设计：霍永明 责任校对：陈立辉

封面设计：路恩中 责任印制：李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.75 印张·449 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-44063-5

定价：49.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

出版说明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达 400 多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60 多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料 and 标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开

阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 fuchenggui52@163.com。

机械工业出版社

前 言

目前，电的应用不仅延伸到物质生产的各个方面，而且越来越广地渗透到人们生活的各个层面，电气从业人员需求量剧增，电工已成为“香饽饽”。因此，许多年轻人立志学习电工技术，许多进城农民工有意转行从事电工工作，他们都希望能够尽快地学会电工技术并掌握电工基本操作技能。然而，电工作业属于特种作业，其工种有数十种，电工技术博大精深，要能够胜任电工工作岂能一朝一夕。为了帮助初学者较快地学习电工技术基础知识，掌握电工作业的基本技能，能够胜任一般场合的电工操作，我们根据初学者的特点，编写了本书。

本书融合了作者长期从事电工技术教学的经验，浓缩了作者主编的 50 余本电工技能图书的精华内容，比较详细地介绍了电工识图技能、电工基本操作技能、照明电路及装置应用技能、常用高低压电器应用技能、供配电线路及装置应用技能、电动机应用技能、电力拖动控制技术、常用机电设备维护与检修技能和安全用电技术等内容。这些知识及操作技能，既能短期速成，又能循序渐进，基本能满足读者初学入门及备战未来担负重要工作的需求。

本书以中级维修电工相关知识点为主线，从读者的实际出发，力求降低难度，由浅入深，环环相扣，图（表）文并茂，口诀归纳要点，具有简明、易懂、新颖、直观、实用的特点，适合于广大维修电工、装饰电工、电气工程技术人员阅读，也可供高职院校、技校及中职学校电类专业的学生阅读，还可作为电工培训教材。

本书由特级教师、高级讲师、维修电工高级技师、高级考评员杨清德主编。参加本书编写工作的有周万平、乐发明、胡萍、黎平、成世兵、蔡定宏、杨松、李建芬、廖代军、谭定轩、谭光明、余明飞、冉洪俊、胡大华、沈坤华等同志。

本书在编写过程时，参考和引用了众多电工师傅和电气工作者所提供的成功经验和资料，还参考了有关书籍，在此谨向他们表示最诚挚的谢意和最良好的祝愿。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正，盼赐教至主编的电子邮箱 yqd611@163.com，以期再版时修改。

编 者

2013 年 4 月

目 录

出版说明

前言

第 1 章 电工识图技能	1
1.1 电气图的有关规定	1
1.1.1 图样格式的规定	1
1.1.2 图样幅面的规定	2
1.1.3 图线的规定	2
1.1.4 比例、尺寸标注和字体的规定	2
1.1.5 箭头和指引线	3
1.1.6 标高和定位轴线的规定	4
1.1.7 图区的划分	4
1.2 电气符号	5
1.2.1 文字符号	5
1.2.2 图形符号	7
1.2.3 回路标号	13
1.3 连接线	14
1.3.1 导线的一般表示方法	14
1.3.2 连接线、汇总线、中断线的表示方法	14
1.4 常用电气图	16
1.4.1 电气图的分类	16
1.4.2 电路图	17
1.4.3 概略图和框图	18
1.4.4 接线图(表)	18
1.4.5 电器元件布置图	20
1.4.6 电气平面图	20
1.5 电工识图基本方法	22
第 2 章 电工基本操作技能	24
2.1 电工工具的识别与使用	24

2.1.1 最常用工具的识别与使用	24
2.1.2 其他电工工具的识别与使用	26
2.2 常用电工仪表的使用	30
2.2.1 电流表与电压表	30
2.2.2 钳形电流表	32
2.2.3 绝缘电阻表	35
2.2.4 万用表	38
2.3 导线连接	43
2.3.1 导线连接的步骤及技术要求	43
2.3.2 导线绝缘层的剥削	44
2.3.3 导线与导线的连接	46
2.3.4 导线绝缘层的恢复	49
第3章 照明电路及装置应用技能	54
3.1 户内配电基础	54
3.1.1 户内配电的原则及要求	54
3.1.2 配线施工的一般工序	56
3.2 电气预埋件施工	57
3.2.1 预埋铁件	57
3.2.2 预埋尼龙胀管	57
3.2.3 预埋膨胀螺栓	59
3.3 户内电线管配线	59
3.3.1 电线管配线基础	59
3.3.2 PVC 管配线工艺	61
3.4 户内配电装置安装	70
3.4.1 照明开关的安装	70
3.4.2 电源插座的安装	72
3.4.3 户内配电箱及配电装置的安装	75
3.5 户内照明灯具的安装	80
3.5.1 户内照明基础	80
3.5.2 常用灯具的安装	82
3.6 照明线路及装置的故障检修	85
3.6.1 照明线路的常见故障分析	85
3.6.2 照明线路检修的常用方法	87
第4章 常用高低压电器应用技能	89
4.1 常用低压电器的应用	89

4.1.1	刀开关	89
4.1.2	低压断路器	92
4.1.3	组合开关	95
4.1.4	低压熔断器	98
4.1.5	接触器	104
4.1.6	继电器	109
4.1.7	控制按钮	115
4.1.8	接近开关	118
4.1.9	行程开关	120
4.1.10	主令控制器	121
4.2	常用高压电器的应用	122
4.2.1	高压断路器	122
4.2.2	高压隔离开关	125
4.2.3	高压负荷开关	129
4.2.4	高压熔断器	131
4.2.5	电压互感器	135
4.2.6	电流互感器	137
第5章	供配电线路及装置应用技能	140
5.1	低压架空线路施工	140
5.1.1	杆位定位和挖坑	140
5.1.2	立杆	142
5.1.3	杆上组装作业	147
5.1.4	拉线制作与固定	149
5.1.5	架线	153
5.1.6	固定导线	155
5.2	电力电缆施工	157
5.2.1	电力电缆施工基础	157
5.2.2	电缆终端头和中间接头的制作	159
5.2.3	电力电缆敷设工艺	165
5.3	低压进户装置与配电箱的施工	168
5.3.1	低压进户装置的安装	168
5.3.2	电能表的选用与安装	169
5.3.3	配电柜(盘、箱)的安装	173
5.4	电气设备的防雷与接地	175
5.4.1	电气设备的接地和接零	175
5.4.2	接地装置的应用及安装	179

5.4.3 电气设备的防雷	180
第6章 电动机应用技能	184
6.1 常用电动机简介	184
6.1.1 电动机的作用及类型	184
6.1.2 电动机的铭牌及结构	188
6.2 电动机的拆卸与装配	193
6.2.1 电动机的拆卸	193
6.2.2 电动机的装配	199
6.3 电动机的安装	204
6.3.1 电动机安装基础的建造	204
6.3.2 电动机安装前的检查	205
6.3.3 电动机安装就位与校正	206
6.3.4 传动装置的安装与校正	207
6.3.5 电动机的接线	209
6.3.6 电动机试车	212
6.4 三相电动机的检修	213
6.4.1 三相异步电动机的定期检修	213
6.4.2 三相异步电动机常见故障的检查与分析	215
6.4.3 三相异步电动机常见故障检修	216
第7章 电力拖动控制技术	221
7.1 单相电动机控制技术	221
7.1.1 单相电动机起动控制	221
7.1.2 单相异步电动机调速控制	223
7.1.3 单相异步电动机反转控制	224
7.2 三相异步电动机控制技术	225
7.2.1 三相异步电动机的控制环节	225
7.2.2 三相异步电动机的起动和制动	228
7.2.3 三相异步电动机正常运行控制	235
7.2.4 电动机特定条件下的运行控制	245
第8章 常用机电设备维护与检修技能	254
8.1 配电变压器	254
8.1.1 认识配电变压器	254
8.1.2 配电变压器的运行与维护	259
8.1.3 变压器常见故障及处理方法	262
8.2 普通车床的维护与检修	266

8.2.1 普通车床的技术要求及维护要点	266
8.2.2 普通车床常见电气故障检修	268
8.3 平面磨床的维护与检修	272
8.3.1 平面磨床的控制要求及维护要点	272
8.3.2 平面磨床常见故障及处理方法	273
8.4 混凝土搅拌机的维护与检修	276
8.4.1 混凝土搅拌机维护与保养	276
8.4.2 混凝土搅拌机电气故障的检修	278
8.5 电动葫芦的维护与检修	280
8.5.1 电动葫芦的调试与维护	280
8.5.2 电动葫芦电气故障的检修	281
第9章 安全用电技术	284
9.1 安全用电基础	284
9.1.1 安全用电原则及基本规定	284
9.1.2 安全用电的组织措施	286
9.1.3 安全用电的技术措施	288
9.1.4 电工作业安全的技术措施	289
9.2 触电与急救	292
9.2.1 电流对人体的伤害	292
9.2.2 触电类型	293
9.2.3 触电急救常识	294
参考文献	303

电工识图技能



1.1 电气图的有关规定

1.1.1 图样格式的规定

图样通常由图框线、标题栏、会签栏组成。图样格式如图 1-1 所示。

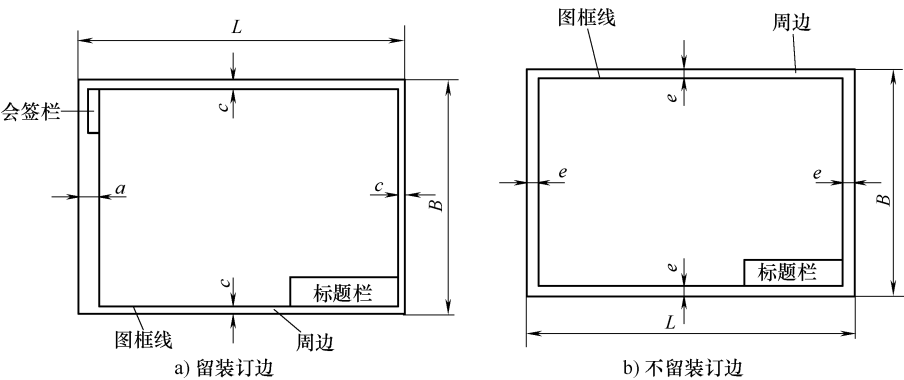


图 1-1 图样格式

标题栏中的项目有“设计单位名称”、“工程名称”、“图样名称”、“设计人”、“审核人”等，如图 1-2 所示。无论采用横式或竖式图幅，工程设计标题栏均应设置在图样的右下方，标题栏相当于产品的商标，位于图样的右下角，紧靠图框线。

						25							
10		×××设计院				××工程		×设计阶段					
40 6×5(30)		总工程师		(姓名、日期)		主要设计人		(图名)					
		设计总工程师				校核							
		专业(主任)工程师				设计制图							
		组 长				描 图							
		日 期				比 例				图号			
		20		25		20		25		20		70	
180													

图 1-2 标题栏的一般格式

会签栏主要用于专业设计人员会审设计图时签名，一般位于图样的左上角。

1.1.2 图样幅面的规定

图样的大小称为图样的幅面，图样幅面按照大小共分为5类，其尺寸见表1-1。

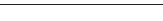
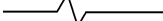
表 1-1 幅面代号及尺寸 (单位：mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽×长 ($B\times L$)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
留装订边边宽 (c)	10			5	
不留装订边边宽 (e)	20			10	
装订侧边宽 (a)	25				

1.1.3 图线的规定

工程图用各种不同的图线来绘制。图线的线型、线宽及用途见表1-2。

表 1-2 图线的线型、线宽及用途

名称		线型	线宽	一般用途
实线	粗		$1b$	主要可见轮廓线
	中		$0.5b$	可见轮廓线
	细		$0.35b$	可见轮廓线、图例线等
虚线	粗		b	见有关专业制图标准
	中		$0.5b$	不可见轮廓线
	细		$0.35b$	不可见轮廓线、图例线等
点画线	粗		b	见有关专业制图标准
	中		$0.5b$	见有关专业制图标准
	细		$0.35b$	中心线、对称线等
双点画线	粗		b	见有关专业制图标准
	中		$0.5b$	见有关专业制图标准
	细		$0.35b$	假想轮廓线、成型前原始轮廓线
折断线			$0.35b$	断开界线
波浪线			$0.35b$	断开界线

注：按照《建筑制图标准》的规定，图线宽度 b 可以在6种线宽（2mm、1.4mm、1.0mm、0.7mm、0.5mm、0.35mm）中选择。在同一张图样中，相同比例的图应选用相同的线宽组，同类线应粗细一致。例如，选用2mm线宽组，则 $0.5b$ 表示图线宽度为1mm。

1.1.4 比例、尺寸标注和字体的规定

1. 比例

工程图比例是图形与实物相对应的线性尺寸之比。例如图上长度1m，与之对应的实

物长度为 50m，则此图的比例为 1:50。

电气施工图常用的比例有 1:200、1:150、1:100、1:50。大样图的比例可以用 1:20、1:10 或 1:5。

2. 尺寸标注

图样上的尺寸标注由尺寸界线、尺寸线、尺寸起止线（箭头）和尺寸数字 4 部分组成，如图 1-3 所示。

工程图样上标注的尺寸通常采用毫米（mm）为单位，只有总平面图或特大设备以米（m）为单位。所以，凡尺寸单位是 mm 时不必注明。在同一图样中，每一尺寸一般只标注一次。

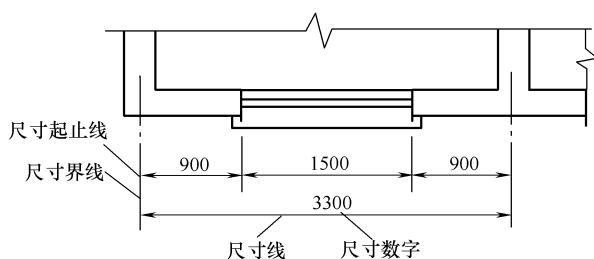


图 1-3 尺寸标注方法

3. 字体

墨线图采取正体长仿宋字。图中书写的各种字母和数字，可采用向右倾斜与水平成 75°角的斜体字。当与汉字混合书写时，可采用正体字，但物理量符号一般采用斜体字。汉字的笔画粗细约为字高的 1/15。各种字母和数字的笔画粗细约为字高的 1/7 或 1/8。各种字体应从左往右整齐排列，笔画清晰。不得滥用不规范的简化字和繁体字。

1.1.5 箭头和指引线

在电气图中，表示信号传输或表示非电过程中的介质流向时都需要用箭头。若将文字或符号引注至被注释的部位，需要用指引线。

1. 箭头

电气图中有 3 种形状的箭头，如图 1-4 所示。

图 1-4a 所示为开口箭头，用于说明电气能量、电气信号的传递方向（能量流、信号流流向）；图 1-4b 所示为实心箭头，用于说明非电过程中材料或介质的流向；图 1-4c 所示为普通箭头，用于说明可变性力或运动的方向以及指引线方向。

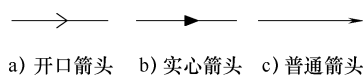


图 1-4 电气图中的箭头

2. 指引线

指引线用来指示注释的对象，它为细实线，并在其末端加标注记。指引线末端有 3 种表示形式，如图 1-5 所示。

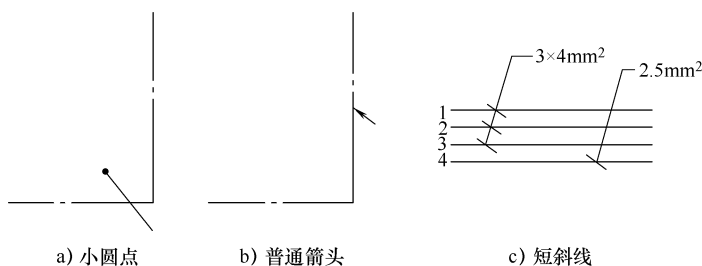


图 1-5 指引线末端的形式

当指引线末端伸入被注释对象的轮廓线内时，指引线末端应画一个小圆点，如图 1-5a 所示。当指引线末端恰好指在被注释对象的轮廓线上时，指引线末端应用普通箭头指在轮廓线上，如图 1-5b 所示。当指引线末端指在不用轮廓图形表示的电气连接线上时，指引线末端应用一短斜线示出，如图 1-5c 所示，表示从上往下第 1、2、3 根导线的截面积为 4mm^2 ，第 4 根导线的截面积为 2.5mm^2 。

1.1.6 标高和定位轴线的规定

1. 标高

建筑图样中的标高通常是相对标高。一般将 ± 0.00 设定在建筑物首层室内地平面，往上为正值，往下为负值。

电气图样中设备的安装标高是以各层地面为基准的。

2. 定位轴线

电力、照明、弱电布置通常都是在建筑物平面图上绘制的。在建筑平面图上，一般都标有定位轴线，以此作为定位、放线的依据和识别设备安装的位置。

由建筑物的承重墙、柱、主梁及房架等主要承重构件的位置所画的轴线，称为定位轴线。定位轴线编号的基本原则是：在水平方向，从左到右用阿拉伯数字表示；在垂直方向，采用大写英文字母自下而上标注。轴线间距由建筑结构尺寸确定。电气平面图中，为了突出电气线路，通常只在外墙的外侧画出横轴线、竖轴线，建筑平面内的轴线不一定画出。

1.1.7 图区的划分

如图 1-6 所示，在图样上边框或下边框的水平方向用 1、2、3 等阿拉伯数字表示图区编号，图区编号的对应区域还可以用文字表示的元件或电路的功能。有的电气图还在图样左右边框的垂直方向用大写英文字母表示图区编号。

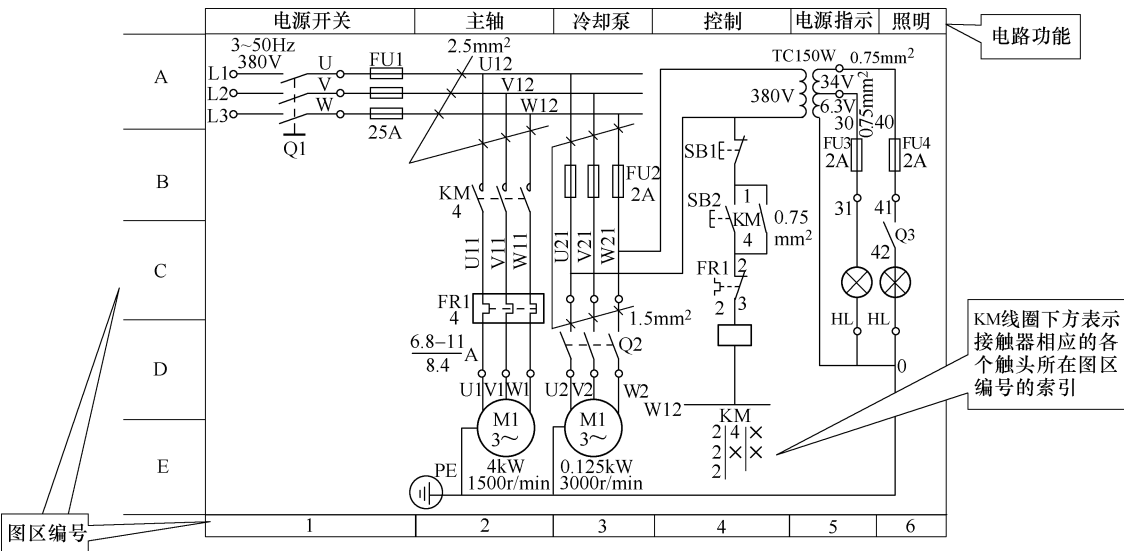


图 1-6 图区的划分

1.2 电气符号

绘制电气图，必须采用国家规定的统一的图形符号和文字符号来表示电气元器件的不同种类、规格及安装方式。其电气符号一般包括文字符号、图形符号和回路标号。

1.2.1 文字符号

文字符号用来表示电气设备、装置、元器件种类及功能的字母代码，电气技术中的文字符号可分为基本文字符号和辅助文字符号两大类。

1. 基本文字符号

基本文字符号有单字母符号和双字母符号两种表达方式。

常用基本文字符号见表 1-3。

表 1-3 常用基本文字符号

名 称	单字母符号	多字母符号	名 称	单字母符号	多字母符号
发电机	G		电流表	A	
励磁机	G	GE	电压表	V	
电动机	M		功率因数表		cos
绕组	W		电磁铁	Y	YA
变压器	T		电磁阀	Y	YV
隔离变压器	T	TI (N)	牵引电磁铁	Y	YA (T)
电流互感器	T	TA 或 CT	插头	X	XP
电压互感器	T	TV 或 PT	插座	X	XS
电抗器	L		端子板	X	XT
开关	Q、S		信号灯	H	HL
断路器	Q	QF	指示灯	H	HL
隔离开关	Q	QS	照明灯	E	EL
接地开关	Q	QG	电铃	H	HA
行程开关	S	ST	蜂鸣器	H	HA
脚踏开关	S	SF	测试插孔	X	XJ
按钮	S	SB	蓄电池	G	GB
接触器	K	KM	合闸按钮	S	SB (L)
交流接触器	K	KM (A)	跳闸按钮	S	SB (I)
直流接触器	K	KM (D)	试验按钮	S	SB (E)
星-三角起动器	K	KS (D)	检查按钮	S	SB (D)
继电器	K		起动按钮	S	SB (T)
避雷器	F	FA	停止按钮	S	SB (P)
熔断器	F	FU	操作按钮	S	SB (O)

2. 辅助文字符号

辅助文字符号用来表示电气设备、装置、元器件及线路的功能、状态和特征，通常由英文单词的前一两个字母构成。如“SYN”表示同步，“L”表示限制，“RD”表示红色，“F”表示快速。

常用辅助文字符号见表 1-4。

表 1-4 常用辅助文字符号

名 称	单字母符号	多字母符号	名 称	单字母符号	多字母符号
交流		AC	控制	C	
直流		DC	制动	B	BRK
电流	A		闭锁		LA
电压	V		异步		ASY
接地	E		延时	D	
保护	P		同步		SYN
保护接地		PE	运转		RUN
中性线	N		时间	T	
模拟	A		高	H	
数字	D		中	M	
自动	A	AUT	低	L	
手动	M		升	U	
辅助		AUX	降	D	
停止		STP	备用		RES
断开		OFF	复位	R	
闭合		ON	差动	D	
输入		IN	红		RD
输出		OUT	绿		GN
左	L		黄		YE
右	R		白		WH
正、向前		FW	蓝		BL
反	R		黑		BK

此外，在电气图中，一些特殊用途的接线端子、导线等通常采用一些专用的文字符号。例如：交流系统电源的第一、第二、第三相，分别用文字符号 L1、L2、L3 表示；交流系统设备的第一、第二、第三相，分别用文字符号 U、V、W 表示；直流系统电源的正极、负极，分别用文字符号 L+、L- 表示；交流电、直流电分别用文字符号 AC、DC 表示；接地、保护接地、不接地保护分别用文字符号 E、PE、PU 表示。

1.2.2 图形符号

图形符号是表示设备或概念的图形、标记或字符等的总称。图形符号是构成电气图的基本单元，电工把它比喻为技术文件中的“象形文字”。

1. 图形符号的构成形式

图形符号由一般符号、符号要素、限定符号等组成，见表 1-5。

表 1-5 图形符号的组成

组成要素	说明
一般符号	用来表示一类产品或此类产品的一种，通常是很简单的符号
符号要素	属于具有确定意义的简单图形，符号要素必须同其他图形组合才能构成一个设备或概念的完整符号
限定符号	用来提供附加信息的一种加在其他符号上的符号。它一般不能单独使用，但一般符号有时也可用作限定符号

实际用于电气图中的图形符号的构成有以下三种形式。

(1) 一般符号 + 限定符号

将表示开关的一般图形符号，分别与接触器功能符号、断路器功能符号、隔离开关功能符号、负荷开关功能符号结合在一起便组成了接触器图形符号、断路器图形符号、隔离开关图形符号、负荷开关图形符号，如图 1-7 所示。

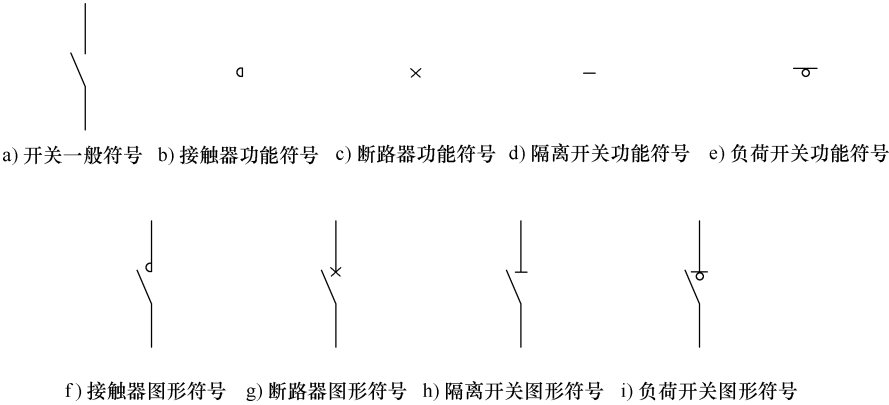


图 1-7 一般符号与限定符号组合举例

(2) 符号要素 + 一般符号

如图 1-8 所示，保护接地图形符号，由表示保护的符号要素与接地的一般符号组成。

(3) 符号要素 + 一般符号 + 限定符号

图 1-9 所示为自动增益放大器的图形符号，它由表示功能单元的符号要素、表示放大器的一般图形符号、表示自动控制的限定符号以及文字符号 dB

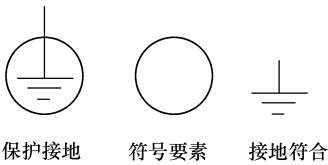


图 1-8 符号要素与一般符号组合举例

(作为限定符号) 构成。

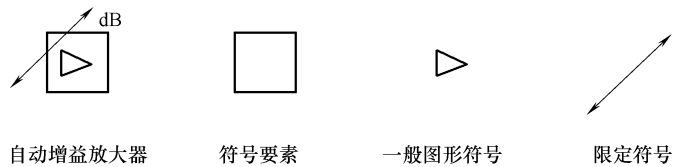


图 1-9 符号要素、一般符号和限定符号的组合举例

2. 常用图形符号的应用

- 1) 所有的图形符号，均按照无电压、无外力作用的正常状态示出。
- 2) 在图形符号中，某些设备元件有多个图形符号，有优选形、其他形（如形式 1、形式 2）等。选用符号的遵循原则：尽可能采用优选形；在满足需要的前提下，尽量采用最简单的形式；在同一图号的图中使用同一种形式。
- 3) 符号的大小和图线的宽度一般不影响符号的含义，在有些情况下，为了强调某些方面或者为了便于补充信息，或者为了区别不同的用途，允许采用不同大小的符号和不同宽度的图线。
- 4) 为了保持图面的清晰，避免导线弯折或交叉，在不致引起误解的情况下，可以将符号旋转或成镜像放置，但此时图形符号的文字标注和指示方向不得倒置。
- 5) 图形符号一般都画有引线，但在绝大多数情况下引线位置仅用作示例，在不改变符号含义的原则下，引线可取不同的方向。如引线符号的位置影响到符号的含义，则不能随意改变，否则会引起歧义。

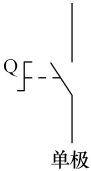
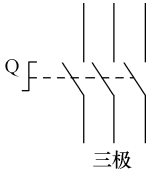
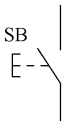
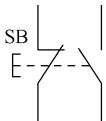
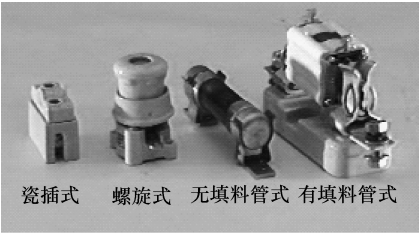
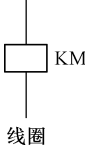
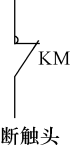
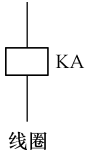
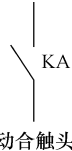
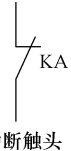
3. 电气图中的常用图形符号

由于电气图中涉及的符号很多，表 1-6 只是列举了一部分最常用低压电器的图形符号，旨在引导读者入门，为今后的学习奠定基础。

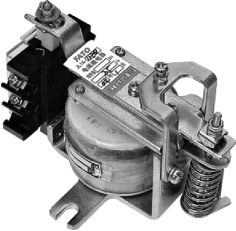
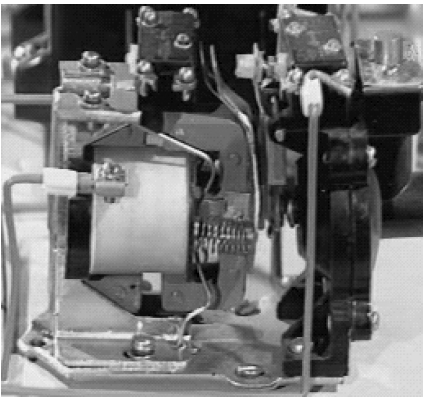
表 1-6 常用低压电器的图形符号

电器名称	实物图	图形符号	文字符号
刀开关			QS
低压断路器			QF

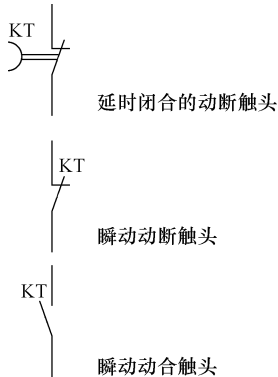
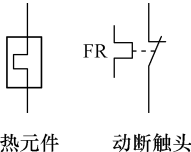
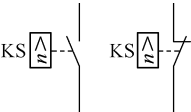
(续)

电器名称	实物图	图形符号	文字符号
组合开关		 单极  三极	SA
按钮		 动合按钮  动断按钮  复合按钮	SB
熔断器	 瓷插式 螺旋式 无填料管式 有填料管式		FU
接触器		 线圈  动合触头  动断触头	KM
中间继电器		 线圈  动合触头  动断触头	KA

(续)

电器名称	实物图	图形符号	文字符号
电流继电器		KI  过电流继电器 KI  KI  KI  欠电流继电器 KI  KI 	KI
电压继电器		KV  过电压继电器 KV  KV  KV  欠电压继电器 KV  KV 	KV
时间继电器		KT  通电延时线圈 KT  断电延时线圈 KT  延时闭合的动合触头 KT  延时断开的动断触头 KT  延时断开的动合触头	KT

(续)

电器名称	实物图	图形符号	文字符号
时间继电器		 延时闭合的动断触头 瞬动动断触头 瞬动动合触头	KT
热继电器		 热元件 动断触头	FR
速度继电器		 KS KS	KS
指示灯			HL

常用照明灯具在电气平面图上的图形符号见表 1-7。

表 1-7 常用照明灯具在电气平面图上的图形符号

序 号	名 称	图 形 符 号	备 注
1	灯具一般符号		
2	深照型灯		
3	广照型灯（配照型灯）		
4	防水防尘灯		
5	安全灯		
6	隔爆灯		
7	顶棚灯		
8	球形灯		
9	花灯		
10	弯灯		
11	壁灯		
12	投光灯一般符号		
13	聚光灯		
14	泛光灯		
15	荧光灯具一般符号		
16	三管荧光灯		
17	五管荧光灯		
18	防爆荧光灯		
19	在专用电路上的应急照明灯		
20	自带电源的应急照明装置（应急灯）		
21	气体放电灯的辅助设备		用于辅助设备与光源不在一起时
22	疏散灯		箭头表示疏散方向
23	安全出口标志灯		
24	导轨灯导轨		
25	在墙上的照明引出线，示来自左边的配线		
26	照明引出线位置，示出配线		

1.2.3 回路标号

在电路图中，表示回路种类、特征而标注的文字符号和数字标号统称回路标号，也称为回路线号。其作用是便于安装接线和有故障时好查找线路。

在一般情况下，回路标号由三位或三位以下的数字组成。

1) 以个位代表相别，如三相交流电路的相别分别用 1、2、3 表示；以个位奇、偶数区别回路的极性，如直流回路的正极侧用奇数表示，负极侧用偶数表示。

2) 以标号中的十位数字的顺序区分电路中的不同线段。

3) 在直流回路中，以标号中的百位数字来区分不同供电电源的电路，如直流电路中 A 电源的正、负极电路标号用“101”和“102”表示；B 电源的正、负极电路标号用“201”和“202”表示。若电路中共同一个电源，则可以省略百位数。

4) 在交流回路中，当要表明电路中的相别或某些主要特征时，可在数字标号的前面或后面增注文字符号。文字符号用大写字母，并与数字标号并列。如第一相回路按 1、11、21……顺序标号，第二相按 2、12、22……顺序标号，第三相按 3、13、23……顺序标号。

5) 在机床电气控制电路图中，回路标号实际上是导线的线号。

主（一次）回路的标号由文字标号和数字标号两部分组成。文字标号用来标明一次回路中电气元件和线路的种类和特征，如三相电动机绕组用 U、V、W 表示，那么绕组的首端就用 U1、V1、W1 表示，尾端就用 U2、V2、W2 表示。

数字标号可用来区别同一文字标号回路中的不同线段。如图 1-10a 所示，在主回路中，三相交流电源用 L1、L2、L3 表示，经过开关 QS1 后，用 L11、L12、L13 标号，再经过熔断器后用 L21、L22、L23 表示等。

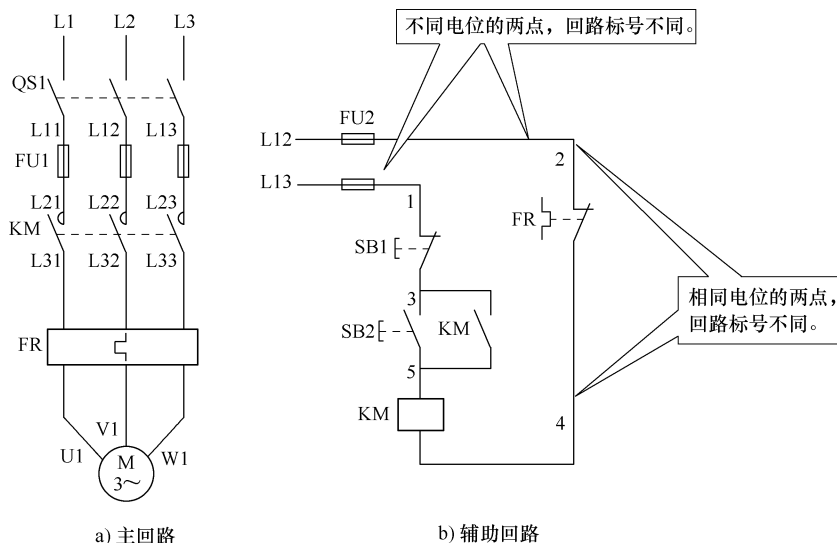


图 1-10 电动机控制电路中回路标号举例

辅助回路中标号，无论是直流还是交流的辅助回路，一般采用以下两种标号方法。

第一，以电路元件为界，其两侧的不同线段标号分别按个位数的奇偶性来依次标注。如图 1-10b 所示，电路元件一般包括接触器线圈、继电器线圈、电阻器、电容器、照明灯和电铃等。当电路比较复杂回路中不同线段较多时，标号可连续递增到两位奇偶数，如“11、13、15”，“12、14、16”等。

第二，首先编好控制回路电源引线的线号，“1”通常标在控制线的最下方，然后按照控制回路从上到下、从左到右的顺序，以自然序数递增，每经过一个触头，标号依次递增，电位相等的导线标号相同，接地线标为“0”号线。

当控制回路支路较多时，为便于修改电路，在把第一条支路的线号标完后，第二条支路可不接着上面的线号数往下标，而从“11”开始依次递增。若第一条支路的线号已经标到“10”以上时，则第二条支路可以从“21”开始，依此类推。

1.3 连 接 线

在电气工程电路图中，各种图形符号的相互连接线统称连接线，其作用是连接各种设备、元器件的图形符号。

1.3.1 导线的一般表示方法

图 1-11a 所示是导线的一般表示方法，用于表示一根导线、导线组、电线、电缆、传输电路、母线、总线等。根据具体情况，导线可予以适当加粗、延长或者缩短。

导线根数的表示方法是：4 根以下用短斜线数目代表根数，如图 1-11b 所示；数量较多时，可用一小斜线标注数字来表示，如图 1-11c 所示。

导线的特征（如导线的材料、截面积、电压、频率等），可在导线上方、下方或中断处采用符号标注，如图 1-11d、e 所示。

如果需要表示电路相序的变更、极性的反向、导线的交换等，可采用图 1-11f 所示的方法标注，表示图中 L1 和 L3 两相需要换位。

1.3.2 连接线、汇总线、中断线的表示方法

连接线的单线表示方法如图 1-12 所示，汇总线的单线表示方法如图 1-13 所示，中断线的表示方法如图 1-14 所示。

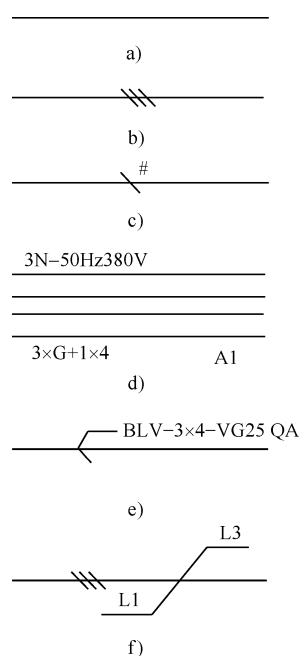


图 1-11 导线的一般表示方法

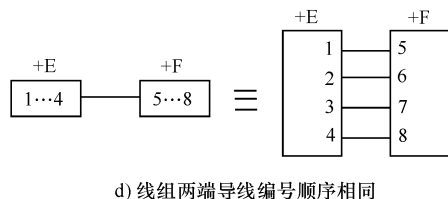
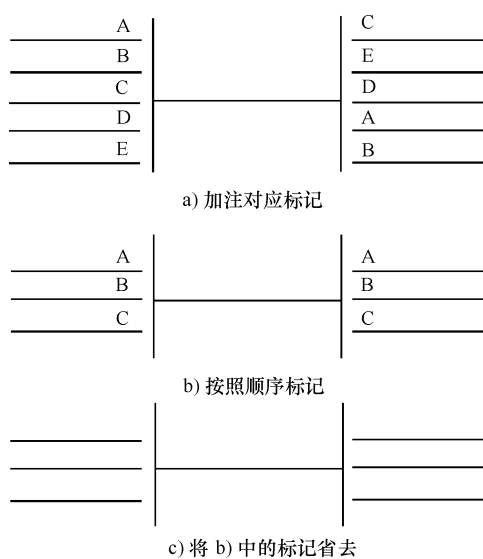


图 1-12 连接线的单线表示方法

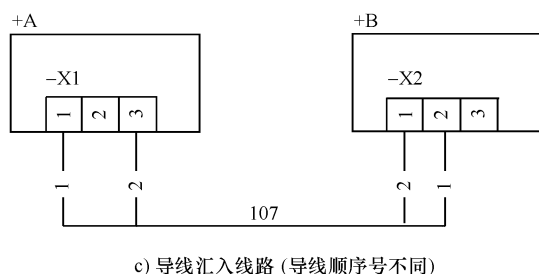
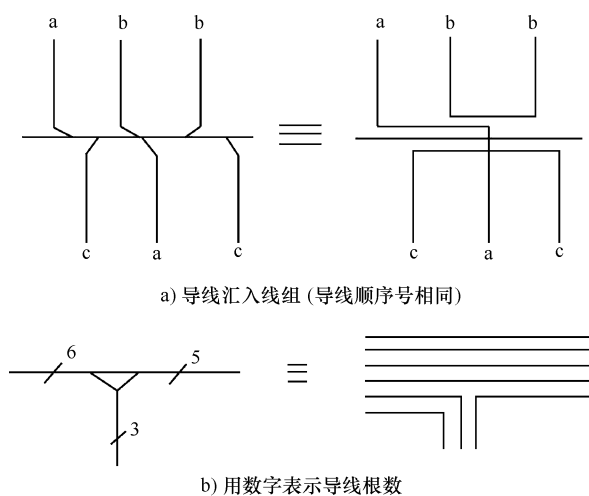


图 1-13 汇总线的单线表示方法

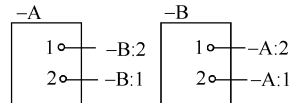
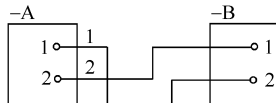
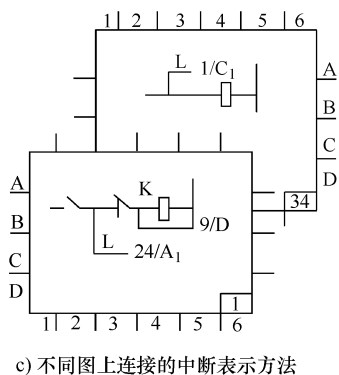
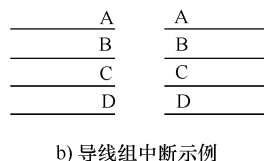
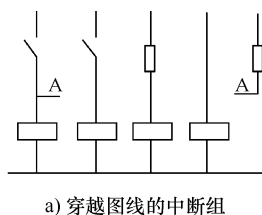


图 1-14 中断线的表示方法

1.4 常用电气图

电气图通常是指用图形符号、带注释的围框或简化外形表示系统或设备中各组成部分之间相互关系及其连接关系的一种简图。

1.4.1 电气图的分类

按照国家标准（GB/T 6988）中的规定，电气图分为以下 15 种，见表 1-8。

表 1-8 电气图的分类

序 号	名 称	定 义
1	概略图或框图	用符号或带注释的框，概略表示系统或分系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图
2	功能图	表示理论的或理想的电路而不涉及实现方法的一种简图。其用途是提供绘制电路图和其他有关简图的依据
3	逻辑图	主要用二进制逻辑单元图形符号绘制的一种简图。只表示功能而不涉及实现方法的逻辑图，称为纯逻辑图
4	功能表图	表示控制系统（如一个供电过程或一个生产过程的控制系统）的作用和状态的一种表图
5	电路图	用图形符号并按工作顺序排列，详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成和连接关系，而不考虑其实际位置的一种简图。目的是便于详细了解作用原理，分析和计算电路特性
6	等效电路图	表示理论的或理想的元器件及其连接关系的一种功能图。供分析和计算电路特性和状态用
7	端子功能图	表示功能单元全部外接端子，并用功能图、表图或文字表示其内部功能的一种简图
8	程序图	详细表示程序单元和程序片及其互连关系的一种简图。其要素和模块的布置应能清楚地表示出其相互关系，目的是便于对程序运行的理解
9	设备元件表	把成套装置、设备和装置中各组成部分和相应数据列成的表格。其用途是表示各组成部分的名称、型号、规格和数量等
10	接线图或接线表	表示成套装置、设备或装置的连接关系，用以进行接线和检查的一种简图或表格
11	单元接线图或单元接线表	表示成套装置或设备中一个结构单元内连接关系的一种接线图或接线表
12	互连接线图或互连接线表	表示成套装置或设备的不同单元之间连接关系的一种接线图或接线表
13	端子接线图或端子接线表	表示成套装置或设备的端子以及接在端子上的外部接线（必要时包括内部接线）的一种接线图或接线表
14	数据单	对特定项目给出详细信息的资料
15	位置简图或位置图	表示成套装置、设备或装置中各个项目的位置的一种简图或一种图表

本节主要介绍电工在日常工作中比较常用的电路图、概略图（框图）、接线图和逻辑图这4种基本电气图。

1.4.2 电路图

1. 电路图的基本特征

电路图是采用图形符号和文字符号并按照工作顺序排列构成的一种简图。电路图可单独绘制，也可与接线图、功能图（表）等组合绘制。

2. 电路图的基本内容

电路图一般主要包括以下内容：

- 1) 表示电路中元器件或功能件的图形符号。
- 2) 表示元器件或功能件之间的连接线，单线或多线，连续线或中断线。
- 3) 表示项目代号，如高层代号、种类代号和必要的位置代号、端子代号。
- 4) 表示用于信号的电平约定。
- 5) 表示了解功能件必需的补充信息。

3. 电路图的特点

如前所述，电路图是用图形符号并按工作顺序排列，详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成和连接关系，而不考虑其实际位置的一种简图。下面以图1-15所示的电动机联锁电路图为例，介绍电路图的特点。

这个电路图主要是说明压缩机电动机（M1）和风机电动机（M2）供电、控制及互相联锁的电路构成和工作原理。这个图具有以下特点：

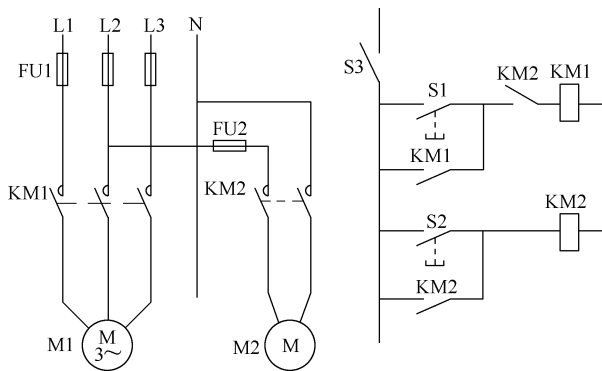


图 1-15 电动机联锁控制电路图

1) 按供电电源和功能划分为主电路和辅助电路两部分。主电路按能量流（即电流）流向绘制，表示了电能经熔断器 FU1 和 FU2、接触器 KM1 和 KM2 至电动机 M1 和 M2 的供电关系；辅助电路按动作顺序，即功能关系绘制。

2) 主电路采用垂直布置，辅助电路采用水平布置。这种布局方法主要是为了阐述装置的工作原理，而与元器件的实际位置无关。各元器件均用图形符号表示，与它们的外形结构无关。因而这种图是一种简图。

3) 图中详细表示了各元器件及有关的技术参数（图中附表给出），还表示了各元器件的连接关系，但是它不能代替接线图。

1.4.3 概略图和框图

1. 用一般符号绘制的概略图

用一般符号绘制的概略图通常采用单线表示法绘制。图 1-16 所示是电力供电系统示意图。若分别用图形符号代表发电机 (G)、变压器 (T)、线路 (W)、负荷 (P)，并标注一定的文字符号，就可以把图 1-16 绘制成为如图 1-17 所示的概略图。

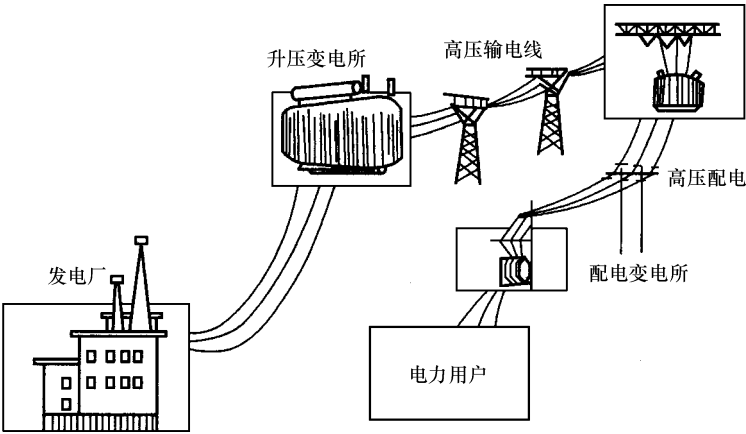


图 1-16 电力供电系统示意图

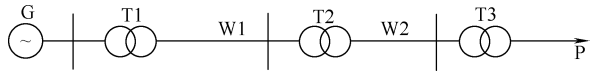


图 1-17 电力供电系统概略图

2. 框图

通常用框图来表示系统或分系统的组成。图 1-18 所示为根据图 1-16 绘制的电力供电系统框图。

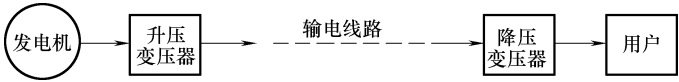


图 1-18 电力供电系统框图

1.4.4 接线图（表）

接线图（表）是表示电气设备、元器件或装置的连接关系，用来进行安装接线、线路检查、线路维修和故障检修的一种简图（表）。接线图和接线表是表示相同内容的两种表示方式，两者功能相同，可以单独使用，也可以组合起来使用，一般以接线图为主，接线表给予补充。

接线图和接线表通常要和电路图、平面位置图结合起来使用，根据所表示的内容不同，可分为 3 类，见表 1-9。

表 1-9 常用接线图（表）

序 号	名 称	说 明
1	单元接线图（表）	表示成套设备或设备中一个结构单元内部各元器件间连接关系的图（表）。这里的结构单元是指可以独立运行的组件或某种组合体，如电动机、继电器、接触器等
2	互连接线（表）	表示成套装置或设备内两个或两个以上单元之间的连接关系的图（表）
3	端子接线图（表）	用于表示成套装置或设备的端子及其与外部导线的连接关系的图（表）

端子接线表可以和接线图组合起来绘制在一起，如图 1-19 中的端子接线板“X”；端子接线也可单独绘制，见表 1-10。

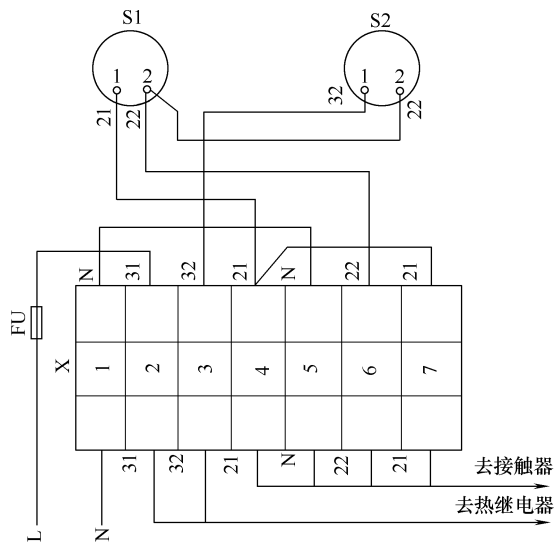


图 1-19 端子接线表和接线图组合起来绘制

表 1-10 以端子为主的端子接线表举例

项 目 代 号	端 子 代 号	电 缆 号	芯 线 号
- X1	: 11	- W136	1
	: 12	- W137	1
	: 13	- W137	5
	: 14	- W137	3
	: 15	- W136	4
	: 16	- W137	2
	: PE	- W136	PE
	: PE	- W137	PE
	备用	- W137	6

接线图的特点是图中只表示电器元件的安装地点和实际尺寸、位置和配线方式等，但不能直观地表示出电路的原理和电器元件间的控制关系。

1.4.5 电器元件布置图

电器元件布置图是用来表明电气设备上所有电动机、电器的实际位置，是电气控制设备制造、安装和维修所必不可少的技术文件。

电器元件布置图一般用双点画线画出设备轮廓，但不需要严格比例。用粗实线描绘所有可见的或需要表达的电器元件外形轮廓，要求所有电器元件及设备代号必须与电气控制原理图或明细表上代号一致。

依据上面介绍的方法，根据图 1-20 所示的交流接触器控制三相异步电动机起动、停止电路原理图，可绘制出图 1-21 所示的控制元件板面布置图。

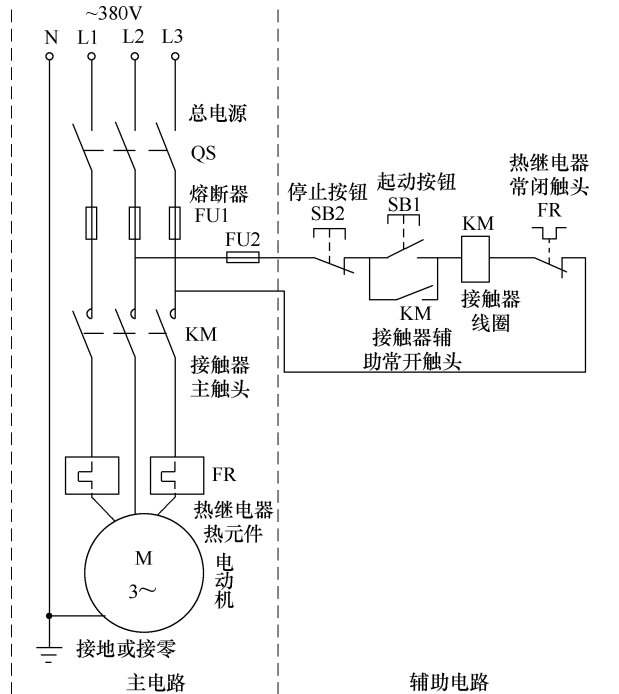


图 1-20 交流接触器控制三相异步电动机起动、停止电路原理图

1.4.6 电气平面图

电气平面图是表示各种电气设备与线路平面位置的，是进行建筑电气设备安装的重要依据。电气平面图包括外电总电气平面图和各专业电气平面图。

外电总电气平面图是以建筑总平面图为基础，绘出变电所、架空线路、地下电力电缆等的具体位置并注明有关施工方法的图样。在有些外电总电气平面图中还注明了建筑物的面积、电气负荷分类、电气设备容量等。

专业电气平面图有动力配电平面图、照明电气平面图、变电所电气平面图、防雷与接地平面图等。专业电气平面图在建筑平面图的基础上绘制。由于电气平面图缩小的比例较大，因此不能表现电气设备的具体位置，只能反映电气设备之间的相对位置关系。

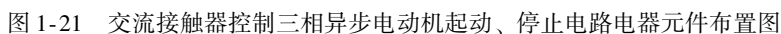
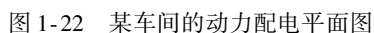


图 1-22 所示为某车间的动力配电平面图。



在平面图上标注的内容要与系统图上标注的内容相一致，以便于施工安装时相互对照。

1.5 电工识图基本方法

由于电气图涉及的知识较多，电气图的复杂程度不同，其读图方法也有所差别。一般来说，电工识图的基本方法有 5 个结合，识读电气图的具体方法见表 1-11。

表 1-11 电工识图的基本方法

基本方法	说 明	应用实例
结合电工、电子基础知识识图	所有电路如电力拖动、照明电子电路、仪器仪表等，都是建立在电工、电子技术理论基础之上的。因此，要想准确、迅速地看懂电气原理图的工作原理，必须具备电工、电子的基础知识	如笼型异步电动机的正、反转控制，就是利用笼型异步电动机的旋转方向由电动机的三相电源的相序所决定的原理，用两个接触器进行切换，改变三相电源的相序，就可改变电动机的旋转方向（正转或反转）
结合电器元件的结构及工作原理识图	电路中有各种电器元件，只有了解这些元件的性能、结构、相互控制关系以及在整个电路中的地位和作用，才能搞清楚电路的工作原理	配电电路中的负荷开关、断路器、熔断器等；电力拖动电路中常用的各种继电器、接触器和各种控制开关等
结合典型电路识图	典型电路即常见的基本电路，熟悉各种典型电路，识图时就能很快地分清主次环节，就能看懂复杂的电路图	如电动机的起动、制动、正反转控制电路，继电保护电路、时间控制电路和行程控制电路，晶体管整流、振荡和放大电路等。不管电路多复杂，几乎都是由若干个典型电路所组成
结合图样说明识图	图样说明包括图目录、技术说明、元器件明细表、安装说明或施工说明等	通过看图样说明，搞清楚电路的设计意图和安装施工要求。这些内容有助于了解电路的大体情况，便于抓住看图重点，达到顺利看图的目的
结合制图要求识图	电气图的绘制有一些基本规则和要求，这些规则和要求是为了加强图样的规范性、通用性和示意性而规定的。利用这些制图知识可帮助准确看图	制图的要求比较多，例如元器件应使用国家统一规定的图形符号和文字符号等

下面以图 1-23 所示电动机单向起动控制电路为例，介绍电气原理图的识读方法和步骤。

(1) 识读主电路

第一步，看用电器。用电器是指消耗电能的用电器具或电气设备，如电动机、电热器件等。看图首先要看清楚有几个用电器，它们的类别、用途、接线方式及一些不同要求等。例如最常见的电动机，要先弄清电动机属于哪类，采用了什么接线方式，电动机有何特殊要求（如起动方

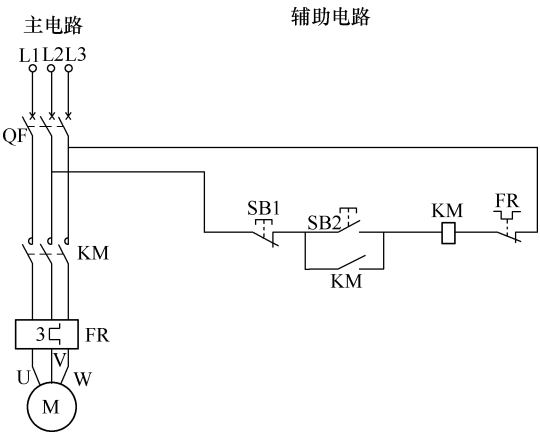


图 1-23 电动机单向起动控制电路

式、正反转及转速的要求等)。

本电路的用电器有一台三相交流异步电动机 M, 采用交流直接起动方式。

第二步, 搞清用什么电气元器件控制用电器, 是开关还是启动器或是接触器、继电器。在本电路中, 控制电动机的电气元器件是接触器 KM。

第三步, 看主电路上还有什么电器, 有何用途。如电源开关、熔断器、热继电器等。

在本电路中, 还接有电源开关 QF、热继电器 FR。QF 控制主电路电源的接通和断开, FR 对 M 起过载保护作用。

第四步, 看电源, 了解电源电压等级。

本电路的电源是 380V 三相交流电。

(2) 辅助电路的识读

第一步, 看电源。首先看清电源的种类, 其次看清辅助电路的电源是从何处来, 一般主电路提供 380V 电压, 也有 220V 单相电压, 此外还有从专用变压器降压得到 140V、127V、36V、6.3V 等电压。辅助电器用直流电时一般从交流整流得到, 对于这些元器件不能疏忽。

本辅助电路电源直接采用 380V 交流电。

第二步, 按布局顺序从左到右搞清辅助电路各条支路如何控制主电路, 分析每一条支路的工作原理。辅助电路的每一条支路形成闭合就会控制主电路的电器元件动作, 使主电路用电器接入或切除电源, 因此寻找怎样使回路形成闭合是十分关键的。

本电路的控制电路为接触器 KM 所在的支路。

第三步, 寻找电器元件之间的相互联系。电路中的一切电器元件都是相互联系、相互制约的。特别是相互的控制表示在几个回路中, 不要遗漏。无相互控制的电器元件, 识图时可省略。

第四步, 看其他电器元件, 如整流、照明等。

图 1-23 所示电路工作原理分析如下:

电动机的起动过程: 合上开关 QF (电源接通) → 按下起动按钮 SB2 (接触器 KM 线圈带电) → 主触头 KM 吸合 → 电动机得电起动。

电动机停止过程: 按下 SB1 停止按钮 → 接触器 KM 线圈失电 → 主触头 KM 断开 → 电动机失电停转。

自锁过程: 因 KM 的自锁触头并联于 SB2 两端, 当松开起动按钮时, 线圈 KM 通过其自锁触头继续维持通电吸合。

过热保护过程: FR 为热继电器, 起过热保护作用。当温度超限时, 接在主电路的热继电器线圈使其触头发生动作, 在控制电路中的常闭触头断开, 接触器 KM 失电, 主电路断电, 电动机停转。

对于一些特别简单的电气图, 在识图时可不拘泥于前面介绍的步骤, 一般按照从电源到负载的顺序识图即可。

电工基本操作技能

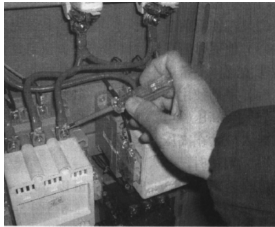
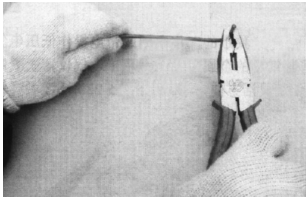
2.1 电工工具的识别与使用

2.1.1 最常用工具的识别与使用

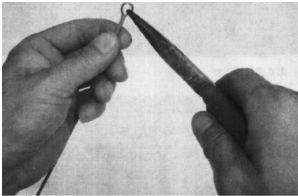
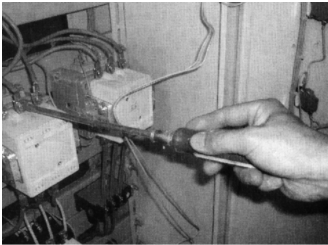
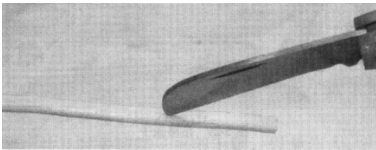
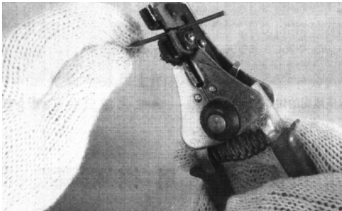
电工常用工具包括验电笔、电工刀、螺钉旋具、钢丝钳、斜口钳、剥线钳、尖嘴钳等，电工日常操作，都离不开这些工具。

电工工具的正确使用，是电工技能的基础。正确使用工具不但能提高工作效率和施工质量，而且能减轻疲劳、保证操作安全，并延长工具的使用寿命。因此，电工必须十分重视工具的合理选择与正确的使用方法。最常用电工工具的识别与使用见表 2-1。

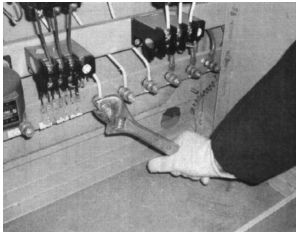
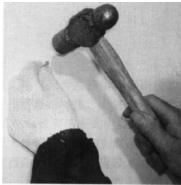
表 2-1 最常用电工工具的识别及使用

名 称	图 示	用途及规格	使用及注意事项
验电笔		用来测试导线、开关、插座等电器及电气设备是否带电的工具	使用时，用手指握住验电笔笔身，食指触及笔身的金属体（尾部），验电笔的小窗口朝向自己的眼睛，以便于观察。验电笔测电压的范围为 60 ~ 500V，严禁测高压电 目前广泛使用电子（数字）验电笔。电子验电笔使用方法同发光管式。读数时最高显示数为被测值
钢丝钳		用来钳夹、剪切电工器材（如导线）的常用工具，规格有 150mm、175mm、200mm 三种，均带有橡胶绝缘导管，可适用于 500V 以下的带电作业	钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成，钳头由钳口、齿口、刀口和侧口四部分组成。钳口用来弯曲或钳夹导线线头；齿口用来紧固或起松螺母；刀口用来剪切导线或剖削软导线绝缘层；侧口用来侧切电线线芯等较硬金属。 使用时应注意：钢丝钳不能当做敲打工具；要注意保护好钳柄的绝缘管，以免碰伤而造成触电事故

(续)

名 称	图 示	用途及规格	使用及注意事项
尖嘴钳		尖嘴钳的钳头部分较细长，能在较狭小的地方工作，如灯座、开关内的线头固定等。常用规格有 130mm、160mm、180mm 三种	使用时的注意事项与钢丝钳基本相同，特别要注意保护钳头部分，钳夹物体不可过大，用力时切忌过猛
斜口钳		斜口钳又名断线钳，专用于剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等。常用规格有 130mm、160mm、180mm 和 200mm 四种	使用时的注意事项与钢丝钳的使用注意事项基本相同
螺钉旋具		用来旋紧或起松螺钉的工具，常见有一字形和十字形螺钉旋具。规格有 75mm、100mm、125mm、150mm 的几种	使用时应注意：根据螺钉大小及规格选用相应尺寸的螺钉旋具，否则容易损坏螺钉与螺钉旋具；带电操作时不能使用穿心螺钉旋具；螺钉旋具不能当凿子用；螺钉旋具手柄要保持干燥清洁，以免带电操作时发生漏电
电工刀		在电工安装维修中用于切削导线的绝缘层、电缆绝缘、木槽板等，规格有大号、小号之分。大号刀片长 112mm，小号刀片长 88mm	刀口要朝外进行操作；削割电线包皮时，刀口要放平一点，以免割伤线芯；使用后要及时把刀身折入刀柄内，以免刀刃受损或危及人身、割破皮肤
剥线钳		用于剥除小直径导线绝缘层的专用工具，它的手柄是绝缘的，耐压强度为 500V。其规格有 140mm（适用于铝、铜线，直径为 0.6mm、1.2mm 和 1.7mm）和 160mm（适用于铝、铜线，直径为 0.6mm、1.2mm、1.7mm 和 2.2mm）两种	将要剥除的绝缘长度用标尺定好后，即可把导线放入相应的刀口中（比导线直径稍大），用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被割破而自动弹出 注意不同线径的导线要放在剥线钳不同直径的刀口上

(续)

名 称	图 示	用途及规格	使用及注意事项
活扳手		电工用来拧紧或拆卸六角螺钉(母)、螺栓的工具,常用的活扳手有150mm×20mm(6in),200mm×25mm(8in),250mm×30mm(10in)和300mm×36mm(12in)四种	不能当锤子用;要根据螺母、螺栓的大小选用相应规格的活扳手;活扳手的开口调节应以既能夹住螺母又能方便地取下扳手、转换角度为宜
手锤		在安装或维修时用来锤击水泥钉或其他物件的专用工具	手锤的握法有紧握和松握两种。挥锤的方法有腕挥、肘挥和臂挥三种。一般用右手握在木柄的尾部,锤击时应对准工件,用力要均匀,落锤点一定要准确

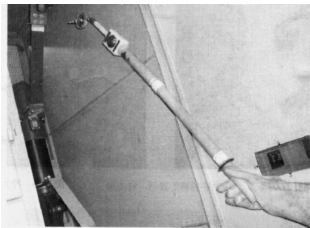
📖 记忆口诀 📖

电工用钳种类多,不同用法要掌握。
绝缘手柄应完好,方便带电好操作。
电工刀柄不绝缘,不能带电去操作。
螺钉旋具有两种,规格一定要选对。
使用电笔来验电,握法错误易误判。
松紧螺栓用扳手,受力方向不能反。
手锤敲击各工件,一定瞄准落锤点。

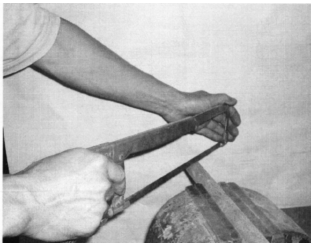
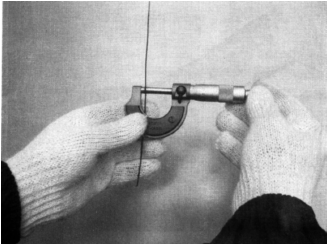
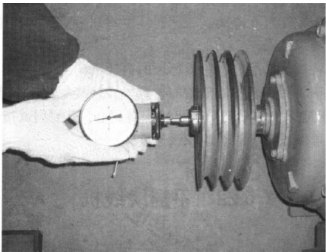
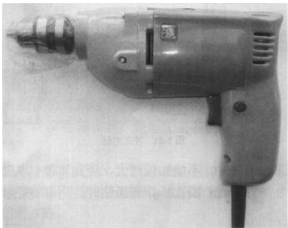
2.1.2 其他电工工具的识别与使用

其他电工工具包括高压验电器、手用钢锯、千分尺、转速表、手电钻、电锤、电烙铁、喷灯、手摇绕线机、拉具、脚扣、蹬板、梯子、鑿子和紧线器等,见表2-2。

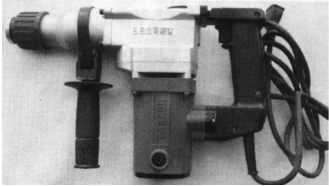
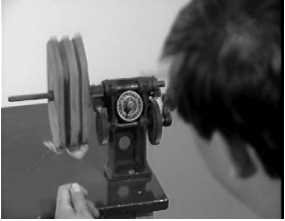
表 2-2 其他电工工具的识别与使用

名 称	图 示	用 途	使用及注意事项
高压验电器		用于测试电压高于500V以上的电气设备	使用时,要戴上绝缘手套,手握部位不得超过保护环;逐渐靠近被测体,看氖管是否发光,若氖管一直不亮,则说明被测对象不带电;在使用高压验电器测试时,至少应该有一个人在现场监护

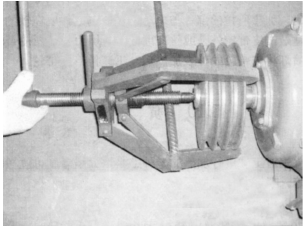
(续)

名 称	图 示	用 途	使用及注意事项
手用钢锯		电工用来锯割物件	安装锯条时，锯齿要朝前方，锯弓要上紧。锯条一般分为粗齿、中齿和细齿 3 种。粗齿适用于锯削铜、铝和木板材料等，细齿一般可锯较硬的铁板及穿线铁管和塑料管等
千分尺		用于测量漆包线外径	使用时，将被测漆包线拉直后放在千分尺砧座和测微杆之间，然后调整微螺杆，使之刚好夹住漆包线，此时就可以读数了。读数时，先看千分尺上的整数读数，再看千分尺上的小数读数，两者相加即为铜漆包线的直径尺寸。千分尺的整数刻度一般 1 小格为 1mm，可动刻度上的分度值一般是每格为 0.01mm
转速表		用于测试电气设备的转速和线速度	使用时，先要用眼观察电动机的转速，大致判断其速度，然后把转速表的调速盘转到所要测的转速范围内。若没有把握判断电动机转速时，要将速度盘调到高位观察，确定转速后，再向低挡调，可以使测量结果准确。测量转速时，手持转速表要保持平衡，转速表测试轴与电动机轴要保持同心，逐渐增加接触力，直到测试指针稳定时再记录数据
手电钻		用于钻孔	在装钻头时要注意钻头与钻夹保持在同一轴线，以防钻头在转动时来回摆动。在使用过程中，钻头应垂直于被钻物体，用力要均匀，当钻头被被钻物体卡住时，应立即停止钻孔，检查钻头是否卡得过松，重新紧固钻头后再使用。钻头在钻金属孔过程中，若温度过高，很可能引起钻头退火。为此，钻孔时要适量加些润滑油

(续)

名 称	图 示	用 途	使用及注意事项
电 锤		用于钻孔	电锤使用前应先通电空转一会儿，检查转动部分是否灵活，待检查电锤无故障时方能使用。工作时应先将钻头顶在工作面上，然后再起动开关，尽可能避免空打孔。在钻孔过程中，发现电锤不转时应立即松开开关，检查出原因后再起动电锤。用电锤在墙上钻孔时，应先了解墙内有无电源线，以免钻破电线发生触电。在混凝土中钻孔时，应注意避开钢筋
电烙铁		用于焊接线路接头和元器件	使用外热式电烙铁要经常将铜头取下，清除氧化层，以免日久造成铜头烧死；电烙铁通电后不能敲击，以免缩短使用寿命；电烙铁使用完毕后，应拔下插头，待其冷却后再放置于干燥处，以免受潮漏电
喷灯		用于铅包电缆的铅包层的焊接、截面积较大的铜芯线连接处的搪锡，以及其他电连接的镀锡	在使用喷灯前，应仔细检查油桶是否漏油，喷嘴是否堵塞、漏气等。根据喷灯所规定使用的燃料油的种类，加注相应的燃料油，其油量不得超过油桶容量的3/4，加油后应拧紧加油处的螺塞。喷灯点火时，喷嘴前严禁站人，且工作场所不得有易燃物品。点火时，在点火碗内加入适量燃料油，用火点燃，待喷嘴烧热后，再慢慢打开进油阀；打气加压时，应先关闭进油阀。同时，注意火焰与带电体之间要保持一定的安全距离
手摇绕线机		主要用来绕制电动机的绕组、低压电器的线圈和小型变压器的线圈	使用手摇绕线机时要注意：要把绕线机固定在操作台上；绕制线圈要记录开始时指针所指示的匝数，并在绕制后减去该匝数

(续)

名 称	图 示	用 途	使用及注意事项
拉具		用于拆卸带轮、联轴器、电动机轴承和电动机风叶	使用拉具拉电动机带轮时，要将拉具摆正，丝杆对准机轴中心，然后用扳手上紧拉具的丝杠，用力要均匀。在使用拉具时，如果所拉的部件与电动机轴间已经锈死，可在轴的接缝处浸些汽油或螺栓松动剂，然后用手锤敲击带轮外圆或丝杆顶端，再用力向外拉带轮
脚扣		用于攀登电力杆塔	使用前，必须检查弧形扣环部分有无破裂、腐蚀，脚扣皮带有无损坏，若已损坏应立即修理或更换。不得用绳子或电线代替脚扣皮带。在登杆前，对脚扣要做人体冲击试验，同时应检查脚扣皮带是否牢固可靠
蹬板		用于攀登电力杆塔	使用前，应检查外观有无裂纹、腐蚀，并经人体冲击试验合格后再使用。登高作业动作要稳，操作姿势要正确，禁止随意从杆上向下扔蹬板；每年应对蹬板绳子做一次静拉力试验，合格后方可使用
梯子		电工登高作业工具	梯子有人字梯和直梯，使用方法比较简单，梯子要安稳，注意防滑。同时，梯子安放位置与带电体应保持足够的安全距离
铤子		用于打孔，或者对已生锈的小螺栓进行铤断	使用时，左手握紧铤子（注意铤子的尾部要露出约4cm），右手握紧手锤，再用力敲打
紧线器		在架空线路时用来拉紧电线的一种工具	使用时，将镀锌钢丝绳绕于右端滑轮上，挂置于横担或其他固定部位，用另一端的夹头夹住电线，摇柄转动滑轮，使钢丝绳逐渐卷入轮内，电线被拉紧而收缩至适当的程度

记忆口诀

直梯登高要防滑，人字梯要防张开。
脚扣蹬板登电杆，手脚配合应协调。
紧线器，紧电线，慢慢收紧勿滑线。
喷灯虽小温度高，能融电缆的铅包。
电烙铁焊元器件，根据需要选规格。
冲击钻头是专用，孔径大小应匹配。

2.2 常用电工仪表的使用

2.2.1 电流表与电压表

电流表串接于被测量电路中，用于测量电路中的电流。电压表与被测量电路并联，用于测量电路中各个元器件的电压。

1. 直流电流表

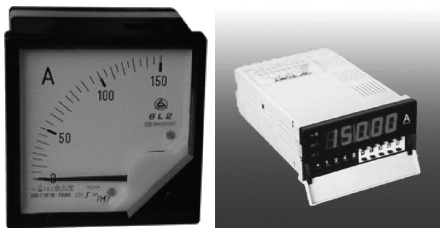
直流电流表如图 2-1 所示，其表头结构属于磁电式。

直流电流表的使用方法及注意事项如下：

- 1) 将直流电流表的“+”接线柱接电路的高电位侧（正极），“-”接线柱接电路的低电位侧（负极）。在接线时不得接错。
- 2) 试触一下，以判断电流表接线是否接反。
- 3) 测量后应及时切断电路。
- 4) 不允许直接将电流表接在电源两极上或在两极间触试。

2. 交流电流表

交流电流表如图 2-2 所示，它利用磁电式表头加整流装置构成，也可使用电磁式（动铁式）表头。



a) 指针式

b) 数字式

图 2-1 直流电流表



a) 指针式

b) 数字式

图 2-2 交流电流表

由于线圈中通电方向不影响指针偏转方向，所以交流电流表可以测量交流电流、直流电流。

交流电流表的使用方法及注意事项如下：

- 1) 由于外磁场能影响指针的偏转角度，因此使用中应尽可能避开外磁场的影响，以避免测量不准确。
- 2) 由于刻度不均匀，准确度低，要多次测量求其平均值来作为测量值。
- 3) 电磁式电表的抗过电流能力强，测量中短时间过电流一般不会损坏电流表。
- 4) 对于多量程的电流表，使用时应先试用大量程，逐步由大到小，直到合适的量程（使读数超过刻度的 $2/3$ 或 $1/2$ ），且在改变量程时应停电，以防测量机构受到冲击。

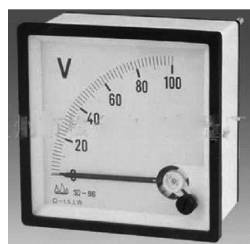
3. 直流电压表

直流电压表如图 2-3 所示，其表头结构为磁电式。

使用时，应将该表的“+”接线柱接电源的正极或高电位端，“-”接线柱接电源的负极或低电位端，从“+”端到“-”端为实际电压降方向，这样才能使电压表指针正偏。否则，指针反偏，会损坏电压表。

4. 交直流电压表

电磁式测量机构和电动式测量机构都可做成交直流电压表。与电流表一样，电动式电压表的测量准确度较高，如图 2-4 所示。

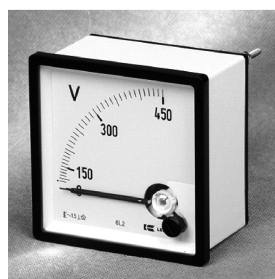


a) 指针式



b) 数字式

图 2-3 直流电压表



a) 指针式



b) 数字式

图 2-4 交直流电压表

5. 用电流表测量电流的方法

(1) 用电流表直接测量

这种方法是将电流表直接串接在被测量电路中，一般适用于小电流的测量。

(2) 电流表与电流互感器配合测量交流电流

将电流互感器一次侧跨接于被测电路中，二次侧接电流表。使用时注意电流表的额定量程与电流互感器的电流比要一致，否则，电流表的读数不能反映实际电流值。图 2-5 所示为用电流互感器测量电流的 3 种接线方法。

6. 用电压表测量电压的方法

(1) 用电压表直接测量

这种方法主要针对电压在 500V 及以下的交流、直流电路。

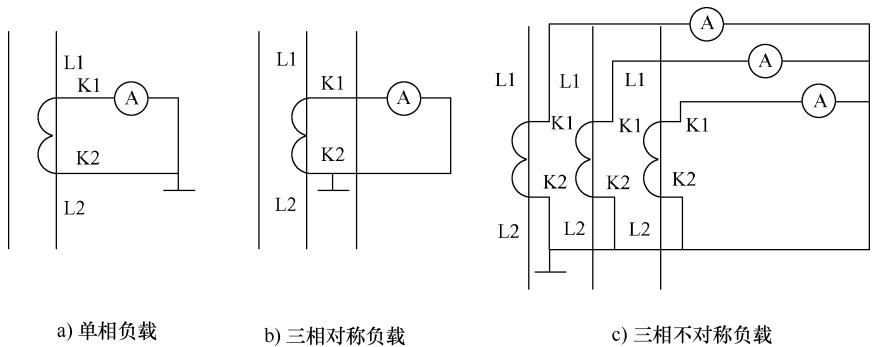


图 2-5 用电流互感器测量电流的 3 种接线方法

(2) 电压表与电压互感器配合测量交流电压

将电压互感器一次侧跨接于被测电路中，二次侧接电压表。这种方法主要用于电压大于 500V 的交流电路中，电压互感器的二次额定电压为 100V。测量电路如图 2-6 所示。

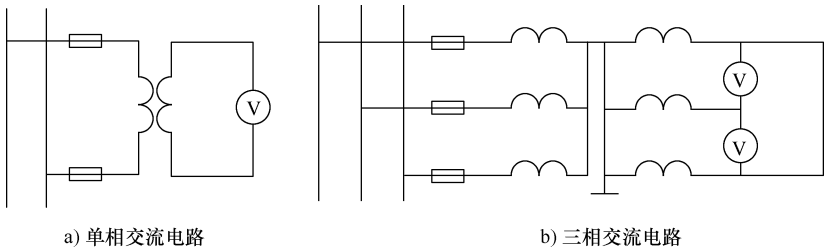


图 2-6 电压表与电压互感器配合测量交流电压

2.2.2 钳形电流表

1. 钳形电流表简介

钳形电流表是一种不需要断开电路就可以直接测量交流电路电流的便携式仪表，这种仪表测量准确度不高，但可对设备或电路的运行情况做粗略的了解。由于其使用方便，因此应用很广泛。

钳形电流表适用于在不方便拆线或不能切断电源等情况下进行电流测量。

钳形电流表由电流互感器和电流表组成，如图 2-7 所示。

互感器的铁心制成活动开口，且成钳形，活动部分与手柄相连。当紧握手柄时，电流互感器的铁心张开，可将被测载流导线置于钳口中。该载流导线成为电流互感器的一次绕组。

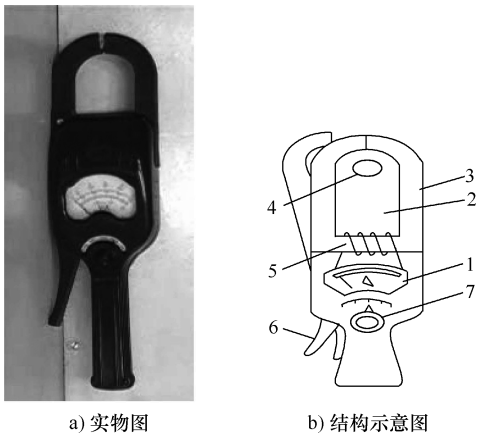


图 2-7 钳形电流表

1—电流表 2—电流互感器 3—铁心 4—被测导线
5—二次绕组 6—手柄 7—量程选择开关

关闭钳口，在电流互感器的铁心中就有交变磁通通过，互感器的二次绕组中产生感应电流。电流表接于二次绕组两端，它的指针所指示的电流与钳入的载流导线的工作电流成正比，可以直接从刻度盘上读出被测电流值。

2. 钳形电流表的使用

(1) 测量前的准备

1) 检查仪表的钳口上是否有杂物或油污，待清理干净后再测量。

2) 进行仪表的机械调零。

(2) 用钳形电流表测量的方法

1) 估计被测电流的大小，将转换开关调至需要的测量挡。如果被测的电流大小未知，应先估计被测量电流的大小，选择合适的量程，或者先将开关置于最高挡，试测一下电流，若发现指针迅速向最大值方向转去，说明电流很大，超过了钳形电流表的最大量程，应立即张开活动铁心，让待测载流导线移出铁心钳口（以免损坏钳形电流表），再重新换一只量程大一点的钳形电流表。如果读数很小，可根据实际读数大小，减小量程，使读数在刻度的 $1/2 \sim 2/3$ 。

2) 握紧钳柄，使钳口张开，放置被测导线。为减少误差，被测导线应置于钳形口的中央，如图 2-8 所示。

3) 钳口要紧密接触，闭合后无明显的缝隙。若测量时有杂音出现，可检查钳口是否清洁或者重新开口一次，再闭合。

4) 测量 5A 以下的小电流时，为提高测量准确度，在条件允许的情况下，可将被测导线多绕几圈，再放入钳口中进行测量。此时，实际电流等于仪表读数除以放入钳口中的导线圈数。

5) 测量完毕，将选择量程开关拨到最大量程挡位上。

3. 数字钳形电流表

数字钳形电流表如图 2-9 所示。在外观上，它与指针式钳形电流表最明显的不同是用 LED 显示屏取代了指针式表头。

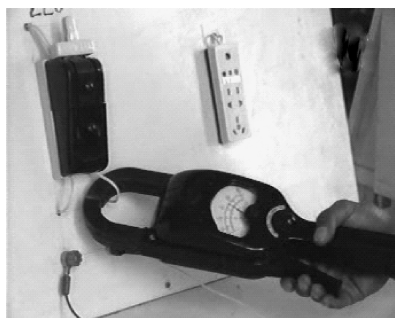


图 2-8 钳形电流表测量电流



图 2-9 数字钳形电流表

数字钳形电流表具有自动量程转换（小数点自动移位）、自动显示极性、数据保持、

过量程指示等功能，有的还具有测量电阻、电压、二极管及温度等功能。

数字钳形电流表读数更直观、使用更方便，其使用方法及注意事项与指针式钳形电流表基本相同。

4. 使用钳形电流表的注意事项

1) 测量前首先必须熟悉钳形电流表面板上各种符号、数字所代表的含义，然后检查钳形电流表指针是否归零。如未归零，可以调整表盖上的机械“零位”调整器，让指针恢复到“零位”。

2) 被测电路的电压不可超过钳形电流表的额定电压。钳形电流表不能测量高压电气设备。

3) 不能在测量过程中转动转换开关换挡。在换挡前，应先将载流导线退出钳口。

4) 某些型号的钳形电流表设置有交流电压测量功能，测量电流、电压时应分别进行，不能同时测量。

5) 由于钳形电流表需要在带电情况下测量，因此使用时应注意测量方法的正确性，特别是要注意人身安全和设备安全。



指点迷津

一般情况下，钳形电流表只能测量一根电线的电流。在特殊情况下，条件允许时钳形电流表可以同时测2根或3根线。

1) 单相回路，同时测相线、零线，可知漏电电流。

2) 三相回路，同时测3根相线，可知三相不平衡电流。

钳形电流表只能在绝缘导线回路中测量，一般不允许在裸导线回路中进行测量。

在绝缘导线回路中进行测量工作时，必须注意防止引起导线短路或接地故障。

钳形电流表测电流记忆口诀

不断电路测电流，电流感知不用愁。
测流使用钳形表，方便快捷算一流。
钳口开合应自如，清除油污和杂物。
未知电流选量程，从大到小选合适。
导线置于钳口中，钳口闭合可读数。
测量母线防短路，测量小流线缠绕。
带电测量要细心，安全距离不得小。

2.2.3 绝缘电阻表

绝缘电阻表（旧称兆欧表、摇表）主要用来检查电气设备、家用电器或电气线路对地及相间的绝缘电阻，以保证这些设备、电器和线路工作在正常状态，避免发生触电及设备损坏等事故。

1. 绝缘电阻表的选用

常用的手摇式绝缘电阻表主要由磁电式流比计和手摇直流发电机两部分组成。绝缘电阻表的输出电压有 500V、1000V、2500V 和 5000V 等。

选择绝缘电阻表电压的原则是：其额定电压一定要与被测电力设备或者线路的额定电压相适应。电压高的电力设备，对绝缘电阻值要求大一些，须使用电压高的绝缘电阻表来测试；而电压低的电力设备，它内部所能承受的电压不高，为了保证设备安全，测量绝缘电阻时就不能用电压太高的绝缘电阻表。表 2-3 列举了一些在不同情况下选择绝缘电阻表电压的要求。

表 2-3 绝缘电阻表电压等级的选用

被 测 对 象	被测设备的额定电压/V	所选绝缘电阻表的电压/V
线圈的绝缘电阻	500 以下	500
线圈的绝缘电阻	500 以上	1000
发动机线圈的绝缘电阻	380 以下	1000
电力变压器、发电机、电动机线圈的绝缘电阻	500 以上	1000 ~ 2500
电气设备绝缘	500 以下	500 ~ 1000
电气设备绝缘	500 以上	2500
瓷瓶、母线、刀开关	—	2500 ~ 5000

2. 绝缘电阻表的使用

(1) 使用前检查绝缘电阻表是否完好

将绝缘电阻表水平平稳放置，检查指针偏转情况，将 E、L 两端开路，以约 120r/min 的转速摇动手柄，观察指针是否指向“∞”，如图 2-10a 所示。然后，将 E、L 两端短接，缓慢摇动手柄，观察指针是否指向“0”，如图 2-10b 所示，经检查完好才能使用。

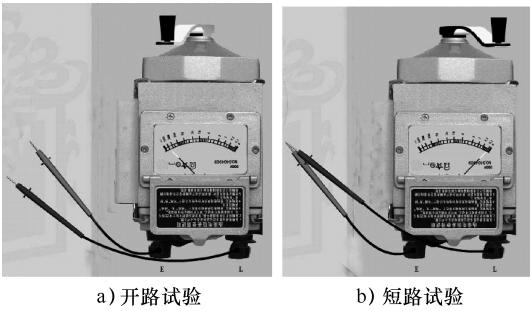


图 2-10 校表

(2) 应将被测物的测试点表面擦拭干净，以保证其测量结果的准确性

(3) 正确接线

绝缘电阻表有 3 个接线柱，分别为线路（L）、接地（E）和屏蔽（G），如图 2-11 所示。

测量电动机绕组绝缘电阻时，将 E、L 端分别接于被测的两相绕组上，如图 2-12 所示。

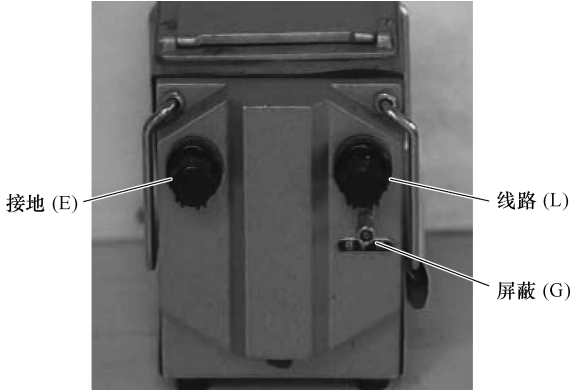


图 2-11 绝缘电阻表的接线柱

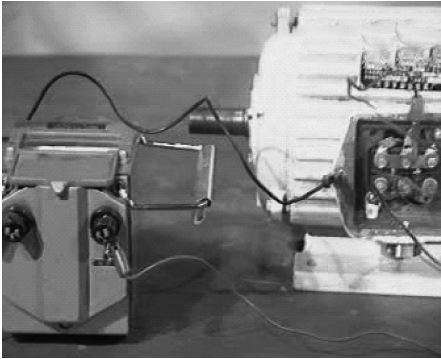


图 2-12 测量电动机绕组绝缘电阻接线方法

测量低压线路时，将 E 端接地线，L 端接到被测线路上，如图 2-13 所示。

测量电缆的对地绝缘电阻或被测设备的漏电流较严重时，G 端接屏蔽层或外壳，L 端接线芯，E 端接外皮，如图 2-14 所示。G 端接屏蔽层或外壳的作用是消除被测对象表面漏电造成的测量误差。

测量家用电器的绝缘电阻时，L 端接被测家用电器的电源插头，E 端接该家用电器的金属外壳，如图 2-15 所示。

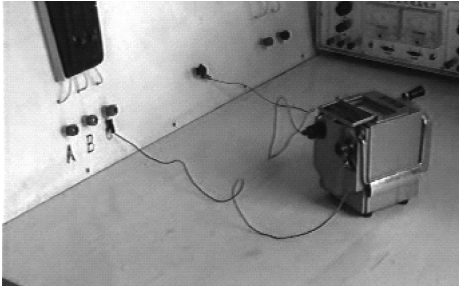


图 2-13 测量低压线路绝缘电阻的接线方法

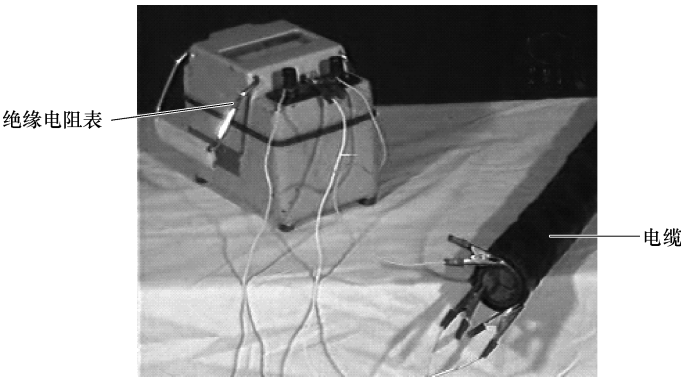


图 2-14 测量电缆绝缘电阻的接线方法

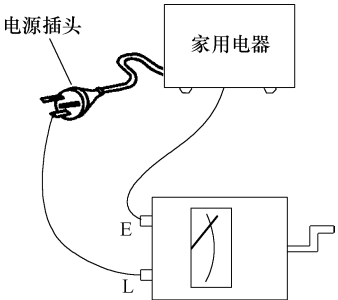


图 2-15 测量家用电器绝缘电阻的接线方法

(4) 测试

线路接好后，在测试时，绝缘电阻表要保持水平位置，用左手按住表身，右手摇动发

电机手柄，如图 2-16a 所示。右手按顺时针方向转动发电机手柄，摇的速度应由慢而快，当转速达到 120r/min 左右时，保持匀速转动，1min 后读数，并且要边摇边读数，不能停下来读数，如图 2-16b 所示。

需要注意的是，在测量过程中，如果指针已经指向“0”，说明被测对象有短路现象，此时不可继续摇动发电机摇柄，以防损坏绝缘电阻表。

(5) 测量完毕，待绝缘电阻表停止转动和被测物接地放电后方能拆除连接导线，如图 2-17 所示

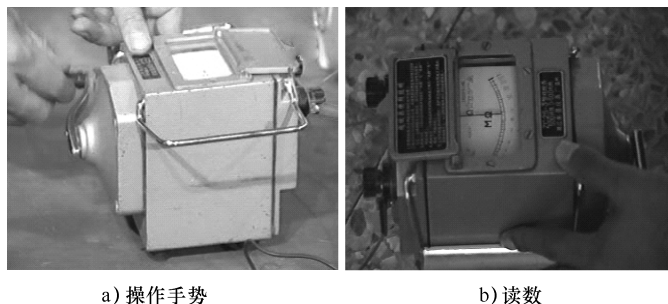


图 2-16 测试方法

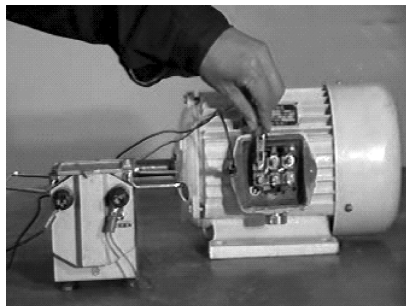


图 2-17 拆除测试线

3. 使用绝缘电阻表的注意事项

绝缘电阻表本身工作时要产生高电压，为避免人身及设备事故，必须重视以下注意事项：

- 1) 不能在设备带电的情况下测量其绝缘电阻。测量前，必须切断被测设备与电源和负载的连接，并进行放电；已用绝缘电阻表测量过的设备如需再次测量，也必须先接地放电。
- 2) 使用绝缘电阻表测量时要远离大电流导体和外磁场。
- 3) 测量与被测设备的连接导线的电阻，要选用绝缘电阻表专用测量线，或者选用绝缘强度高的两根单芯多股软线，两根导线切忌绞在一起，以免影响测量准确度。
- 4) 测量过程中，如果指针指向“0”位，表示被测设备短路，应立即停止转动手柄。
- 5) 被测设备中如有半导体器件，应先将其插件板拆去。
- 6) 测量过程中不得触及设备的测量部分，以防触电。
- 7) 测量电容性设备的绝缘电阻时，测量完毕，应对设备充分放电。

☞ 绝缘电阻表操作口诀 ☞

使用兆欧表，外观先查验。
 玻壳要完好，刻度易分辨。
 指针无扭曲，摆动要轻便。
 其次校验表，标准有两个。
 短路试验时，指针应指零。
 开路试验时，针指无穷大。
 第三是接线，分清被测件。

三个接线柱，必用 L 和 E；
若是测电缆，还要接 G 柱。
为了保安全，以下要注意。
引线要良好，禁止线绕缠。
进行测量时，勿在雷雨天。
测量线路段，必须要停电。
电容及电缆，测前先放电。
仪表放水平，远离磁场电。
匀速顺时摇，一百二十转。
摇转一分钟，读数才能算。
测量完成后，放电拆接线。

2.2.4 万用表

1. 万用表简介

万用表是最基本、最常用的电工仪表，主要用来测量电阻值、直流电压、交流电压和直流电流。

万用表包括指针式万用表和数字万用表两大类，如图 2-18 所示。指针式与数字万用表各有优缺点。指针式万用表是一种平均值式仪表，它具有直观、形象的读数指示（一般读数与指针摆动角度密切相关，所以很直观）。数字万用表是瞬时取样式仪表。它采用 0.3s 取一次样来显示测量结果，有时每次取样结果只是十分相近，并不完全相同，这对于读取结果就不如指针式方便。指针式万用表一般内部没有放大器，所以内阻较小，直流电压灵敏度为 $100\text{k}\Omega/\text{V}$ ，直流电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。数字万用表由于内部采用了运放电路，内阻可以做得很大，往往在 $1\text{M}\Omega$ 或更大。

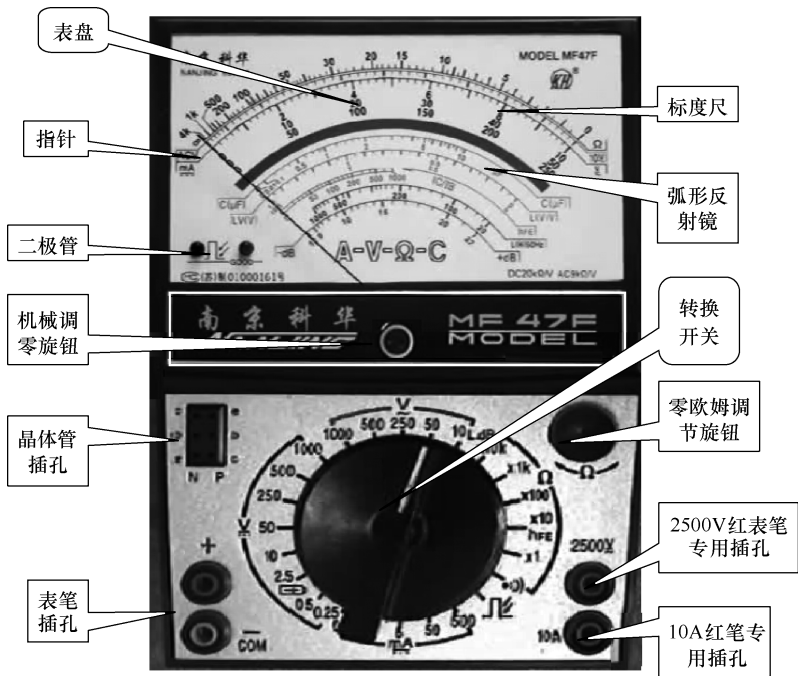
本节主要介绍数字万用表的使用。

2. 数字万用表测量电阻

☞ 数字万用表测量电阻记忆口诀 ☜

仪表电压要富足，测前关闭电路电。
红笔插入 V/Ω 孔，量程大小选适宜。
精确测量电阻值，引线电阻先记录。
笔尖测点接触好，手不接触测电笔。
若是显示数字“1”，超过量程最大值。
若是数字在跳变，稳定以后再读数。

上述数字万用表测量电阻口诀的含义见表 2-4。



a) MF47型指针式万用表的外部结构



b) 福禄克15B数字万用表

图 2-18 万用表

表 2-4 数字万用表测量电阻口诀的含义

口 诀	含 义
仪表电压要富足，测前关闭电路电	为了不影响测量结果的准确性，使用前要检查数字万用表的电池电压是否合格。测量在路电阻时（在电路板上的电阻），应先把电路的电源关断，带电测量很容易损坏万用表。当检查被测线路的阻抗时，要保证移开被测线路中的所有电源，所有电容放电。被测线路中，如有电源和储能元件，会影响线路阻抗测试的准确性 禁止用电阻挡测量电流或电压（特别是交流 220V 电压），否则会损坏万用表
红笔插入 V/Ω 孔，量程大小选适宜	测量时，将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/Ω 插孔；然后将量程开关置于合适的欧姆量程。准备工作完成后，即可进行电阻测量操作
精确测量电阻值，引线电阻先记录	在使用 200Ω 电阻挡时，如果需要精确测量出电阻值，应先将两支表笔短路，测量出两支表笔引线的电阻值，并做好记录；然后进行电阻测量，每一次测量的显示数字减去表笔引线的电阻值，就是实际电阻值。当然，如果对测量结果的准确性要求不高，可免去这一操作步骤。在使用 200Ω 以上的电阻挡测量时，由于被测量电阻的阻值比较大，表笔的引线电阻可不予考虑
笔尖测点接触好，手不接触测电笔	测量操作时，表笔笔尖与被测量电阻引脚要接触良好。如果电阻引脚已氧化、锈蚀，应先刮干净，让其露出光泽，再进行测量。操作者的两手不要同时碰触两支表笔的金属部分或被测量物件的两端，否则会引起测量误差增大
若是显示数字“1”，超过量程最大值	如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，显示屏将显示过量程“1”，此时应选择更高的量程（当没有连接好时，例如开路情况，显示为“1”为正常现象）
若是数字在跳变，稳定以后再读数	对于大于 1MΩ 或更高的电阻，要几秒钟后读数才能稳定，这是正常现象。等待数字稳定不再跳变即可读数

3. 数字万用表测量电流

🔑 数字万用表测量电流记忆口诀 🗝

数字电表测电流，红笔插孔很重要。
电流大小不清楚，最大量程来测量。
表笔串联电路中，表笔极性不重要。
由于表笔已带电，安全操作最重要。

上述数字万用表测量电流口诀的含义见表 2-5。

表 2-5 数字万用表测量电流口诀的含义

口 诀	含 义
万用电表测电流，红笔插孔很重要	数字万用表串联电流时，黑表笔插入 COM 插孔中，红表笔插入哪一个插孔（mA 或者 A）则要根据被测电流的大小而定
电流大小不清楚，最大量程来测量	当要测量的电流大小不知道时，可先用最大的量程来测量（例如 20A 插孔），然后再逐渐减小量程来精确测量。测量电流时，切忌过载

(续)

口 诀	含 义
表笔串联电路中，表笔极性不重要	数字万用表测量电流时，应将表笔串联入被测量电路中，表笔的极性可以不考虑，因为数字万用表能够自动识别并显示被测电流的极性。从显示屏上有无“-”号显示来确定直流电压或直流电流的极性。没有“-”号显示，则红表笔为测试源正端，黑表笔为负端。如果有“-”号显示，则表示红表笔接的是负端，如图 2-19 所示
由于表笔已带电，安全操作最重要	万用表测量电流、电压都属于带电作业，应特别注意接触表笔及表笔引线是否完好，如有破损，应在测量之前恢复好绝缘层。人手及身体的其他部位不能接触带电体。必要时，要有人监护



图 2-19 测直流电压时表笔的连接

4. 数字万用表测量电压

☞ 数字万用表测量电压记忆口诀 ☜

表笔插入相应孔，直流交流要分析。
不知被测电压值，量程从大往小移。
量程必须选择好，过载测量符号溢。
表笔并联测电压，接触良好防位移。
确保表笔绝缘好，最好右手握表笔。
直流电压的测量，红笔测正黑负极。
红黑表笔极性反，“-”号表红测负极。
交流电压不分极，握笔安全为第一。
正在通电测量时，禁忌换挡出问题。
数字跳变为正常，稳定之后读数值。

上述数字万用表测量电压口诀的含义见表 2-6。

表 2-6 数字万用表测量电压口诀的含义

口 诀	含 义
表笔插入相应孔，直流交流要分析	数字万用表测量电压时，将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V/ Ω 插孔；根据被测电量是直流电压还是交流电压，将量程选择开关置于直流电压挡或交流电压挡
不知被测电压值，量程从大往小移	如果不知被测电压的大小，可先将量程选择开关置于最大量程，根据情况并逐一置于较低一级的量程挡。注意，减小量程挡时，表笔应从待测量处移开
量程必须选择好，过载测量符号溢	电压量程一定要必须选择合适，量程过大会影响测量结果；量程过小时显示屏只显示“1”，表示过量程，此时功能开关应置于更高量程
表笔并联测电压，接触良好防位移	测量电压时，两支表笔应分别并联在被测电源（例如测开路电压时）或电路负载上（例如测负载电压降时）的两个电位端。如果被测量电极表面有污物或锈迹，应首先处理干净再进行测量。握笔的手不能有晃动，保证表笔与被测量电极保持良好接触
确保表笔绝缘好，最好右手握表笔	表笔及表笔引线绝缘良好，否则在测量几百伏及以上的电压时有触电危险。操作起来比较顺利。一些初学者喜欢用两只手拿表笔，这是个不良习惯。使用万用表无论进行任何电量测量时，都应该养成单手握笔操作的好习惯，最好是用右手握表笔
直流电压的测量，红笔测正黑负极。红、黑表笔极性反，“-”号表红测负极	虽然数字万用表有自动转换极性的功能，为了减少测量误差，测量时最好是红表笔接被测量电压的正极，黑表笔接被测量电压的负极。如果两支表笔极性接反了，此时显示屏上显示电压数值的前面有一个“-”号，表示此次测量红表笔接的是被测量电压的负极
交流电压不分极，握笔安全为第一	测量交流电压时，红、黑表笔可以不分极性。由于交流电压比较高，尤其是测量 220V 以上的交流电压时，握笔的手一定不能去接触笔尖金属部分，否则会发生触电事故
正在通电测量时，禁忌换挡出问题	在使用万用表测量电压，尤其是测量较高电压时，无论什么原因都不要拨动量程选择开关，否则容易损坏万用表的电路及量程开关的触头
数字跳变为正常，稳定之后读数值	由于数字万用表的电压量程的输入阻抗比较大，在测量开始时可能会出现无规律的数字跳变现象，这是正常现象。可稍等片刻，数值即可稳定，然后再读数

5. 使用数字万用表注意事项

数字万用表使用注意事项见表 2-7。

表 2-7 数字万用表使用注意事项

序 号	注 意 事 项
1	使用前要检查仪表，如果发现异常情况，如表笔裸露、机壳破损、液晶显示器无显示等，不要进行使用。严禁使用没有后盖和后盖没有盖好的仪表，否则有电击危险
2	表笔破损必须更换，并换上同样型号或相同电气规格的表笔
3	当万用表正在测量时，不要接触裸露的电线、连接器、没有使用的输入端或正在测量的电路
4	测量高于直流 60V 或交流 30V 以上的电压时，必须小心谨慎，手指不要超过表笔挡手部分，否则有触电的危险
5	在不能确定被测量的大小范围时，将功能量程开关置于最大量程位置。不要测量高于允许输入值的电压或电流

(续)

序 号	注 意 事 项
6	进行在线电阻、电容、二极管或电路通断测量之前，必须将电路中所有电源关断并将所有电容器放电
7	不要随意改变仪表内部接线，以免损坏仪表和危及安全
8	禁止在测量高电压（220V 以上）或大电流（0.5A 以上）时拨动量程开关，以防止产生电弧，烧毁开关触头

2.3 导 线 连 接

2.3.1 导线连接的步骤及技术要求

1. 导线连接的步骤

导线连接的基本步骤有导线绝缘层的剥削、导线线头的连接和导线连接处绝缘层的恢复。

2. 一般配电线路导线连接的技术要求

在配电线路上进行导线连接时，必须满足表 2-8 中的技术要求。

表 2-8 配电线路导线连接技术要求

技 术 要 求	说 明
接头电阻小	导线连接处要接触紧密、稳定性好，接头电阻不得大于同截面积、同长度导线电阻的 1.2 倍
机械强度大，抗拉	导线接头要牢固，其机械强度不小于同截面积导线的 80%
耐腐蚀	导线接头应耐腐蚀。导线之间焊接时，应防止残余熔剂熔渣的化学腐蚀
铜、铝连接应过渡	铜、铝导线相接时，应采用铜、铝过渡连接管，并采取措施防止受潮、氧化及铝铜之间产生电化腐蚀
绝缘良好	导线接头的绝缘恢复应做好，其绝缘强度应与原导线一致

📖 记忆口诀 📖

导线接头要紧密，接触电阻小为好。
接头牢固强度大，做好防腐很重要。
绝缘恢复啥要求，与原导线一个样。

3. 架空线路导线连接的技术要求

架空线路导线连接的技术要求见表 2-9。

表 2-9 架空线路导线连接的技术要求

技 术 要 求	说 明
接触电阻小	接头处应接触紧密、良好，接触电阻较小
机械强度大	连接接头的机械强度应不低于导线抗拉强度的 90%
并沟线夹续接	在线路连接处改变导线截面或由线路向下作 T 形连接时，应采用并沟线夹续接
不宜焊接	导线的连接一般可实行压接、插接、绕接或者焊接。但高压架空导线不宜进行焊接，因为焊接时必须将导线加热，导线加热后会造成退火，其机械强度降低，焊接处将成为薄弱环节。高压架空线所承受的张力一般都较大，该薄弱环节往往断裂而造成事故
接头方法与线材匹配	导线的接头方法随导线材料不同而异。钢芯铝线、铝绞线相互连接时，一般采用插接法、钳压法或爆炸压接法；而铜线与铜线的连接一般采用绕接法或压接法

2.3.2 导线绝缘层的剥削

导线剥削所需要的工具与导线截面积的大小及导线的种类有关。一般来说，需要准备电工刀、剥线钳等专用工具。必要时，也可以采用钢丝钳、尖嘴钳等工具来剥削导线。

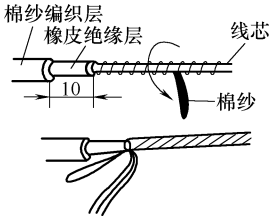
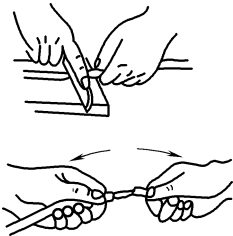
1. 电工刀、钢丝钳剥削导线绝缘层

采用电工刀、钢丝钳剥削导线绝缘层的工艺与技术要求见表 2-10。

表 2-10 导线线头绝缘层的剥削工艺与技术要求

导 线 分 类	操作工艺示意图	操作工艺与技术要求
塑料绝缘小截面积 硬铜芯线或铝芯线		(1) 在需要剖削的线头根部，用钢丝钳钳口适当用力（以不损伤芯线为度）钳住绝缘层 (2) 左手拉紧导线，右手握紧钢丝钳头部，用力将绝缘层强行拉脱
塑料绝缘软铜芯线		
塑料绝缘大截面积 硬铜芯线或铝芯线		(1) 将电工刀与导线成 45°，用刀口切破绝缘层 (2) 再将电工刀与导线成 15°~25°倾斜角向前推进，削去上面一侧的绝缘层 (3) 将未削去的部分扳翻，齐根削去
塑料护套线		(1) 按照所需剖削长度，用电工刀刀尖对准两股芯线中间，划开护套层 (2) 扳翻护套层，齐根切去 (3) 按照塑料绝缘小截面积硬铜芯线绝缘层的剖削方法用钢丝钳去除每根芯线绝缘层
橡胶电缆		

(续)

导线分类	操作工艺示意图	操作工艺与技术要求
橡皮线		(1) 用电工刀像剖削塑料护套层的方法去除外层公共橡皮绝缘层 (2) 用钢丝钳去除每股芯线的绝缘层
花线		(1) 在剖削处用电工刀将棉纱编织层周围切断并拉去 (2) 参照上面方法用钢丝钳去除芯线外的橡皮层
铅包线		(1) 在剖削处用电工刀将铅包层横着切断一圈后拉去 (2) 用剖削塑料护套线绝缘层的方法去除公共绝缘层和每股芯线的绝缘层

2. 剥线钳剥削导线绝缘层

剥线钳是剥削导线的专用工具，其操作方法比较简单。具体方法如下：

- 1) 留足将要剥削的绝缘层长度。
- 2) 把导线放入比导线直径稍大的刀口中。
- 3) 用手将钳柄一握，导线的绝缘层即被剥离下来了，如图 2-20 所示。

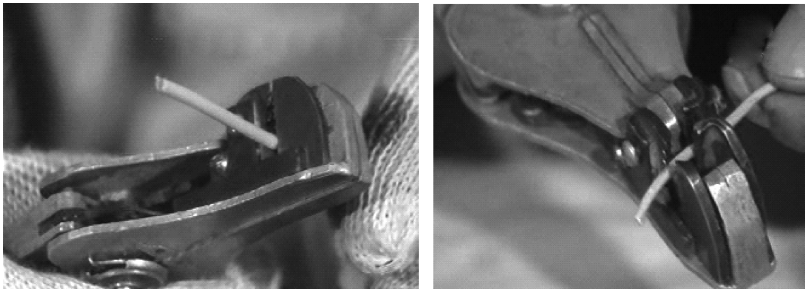


图 2-20 用剥线钳剥削导线的绝缘层

- 4) 较长尺寸的绝缘层可用剥线钳将绝缘层断开后，再用尖嘴钳撕去线上待剥的绝缘层。



指点迷津

剥削导线的技术要求如下：

- 1) 不得损伤金属线芯，剥削出的芯线应保持完整无损；如损伤较大，应重新剥削。
- 2) 使用电工刀剥削时，刀口应向外，避免伤人或损伤其他元器件。
- 3) 根据接头需要，剥削线头的长度应符合导线连接的要求。

2.3.3 导线与导线的连接

1. 导线连接方法

连接的导线种类和连接形式不同，其连接的方法也不同。常用的连接方法有绞接、紧压连接、焊接等，见表 2-11。

表 2-11 导线连接方法

连接方法	说 明
绞接	将剥削好线头的导线的芯线直接紧密绞合在一起。常用连接方式有直线连接和 T 形连接 绞接是使用最普通，施工成本最低、操作程序最简单的一般连接方法，但安全可靠性相对较差。铜导线、铝导线均可采用绞接
紧压连接	紧压连接就是用专用的套管（铜或铝）套在被连接的芯线上，再用压接钳或压接模具压紧套管，使芯线保持良好连接 一般是较粗的铜导线和铝导线均采用紧压连接。在紧压连接前，应先清除导线芯线表面和压接套管内壁上的氧化层和粘污物，以确保接触良好 注意，铜导线的连接应采用铜套管；铝导线的连接应采用铝套管；铜导线与铝导线的连接采用铜铝套管
焊接	焊接是在导线接头处通过加热的方法让焊锡等焊料或导线本身熔化融合而使导线连接起来的方法。电工技术中导线连接的焊接种类有锡焊、电阻焊、电弧焊、气焊、钎焊等

2. 铜芯线直线连接

(1) 截面积为 6mm^2 以下的导线直线的连接

截面积较小（ 6mm^2 以下）的导线直接连接一般采用十字交叉法进行绞接，其操作方法及步骤见表 2-12。

表 2-12 截面积为 6mm^2 以下的导线直接连接

步 骤	连接方法	说 明
1	两导线端作“x”形相交	如图 2-21 所示
2	互相绞合 2~3 匝，扳直两线头	
3	两线端分别紧密向芯线上并绕 5~6 圈	
4	把多余线端剪去	
5	钳平切口毛刺	

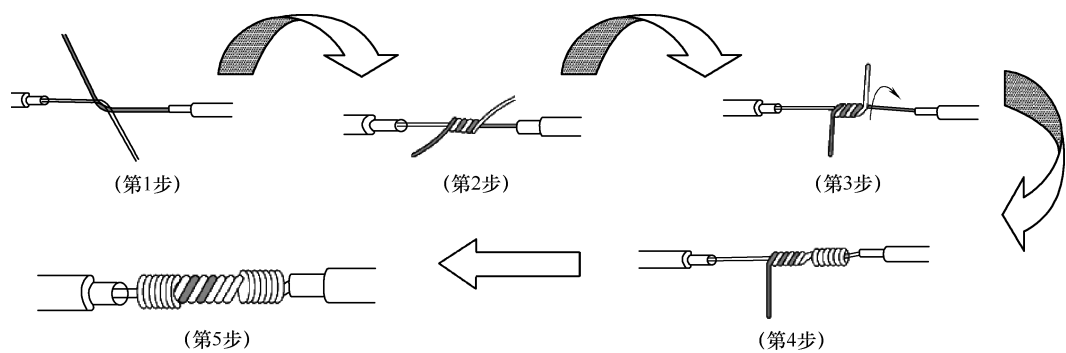


图 2-21 导线直线连接步骤

🔊 记忆口诀 🔊

两根线端十字交，相互绞合三圈抱。
然后扳直尾线端，紧绕六圈弃余腰。

(2) 截面积为 6mm^2 以上的导线直线的连接

导线截面积较大 (6mm^2 以上) 的直线连接操作，一般采用绑扎法进行，其操作方法及步骤见表 2-13。

表 2-13 截面积为 6mm^2 以上的导线直接连接

步 骤	连 接 方 法	说 明
1	将两线端头用钳子弯起一些，然后并在一起，用一根截面积为 1.5mm^2 铜线作辅助线，然后再用一根 1.5mm^2 铜线作绑线，从中间开始捆绑	如图 2-22 所示
2	捆绑长度为导线直径的 10 倍，两头再以裸铜线在单根导线上捆绑 5 圈	
3	余下线头与辅助线绞合，剪去多余部分	

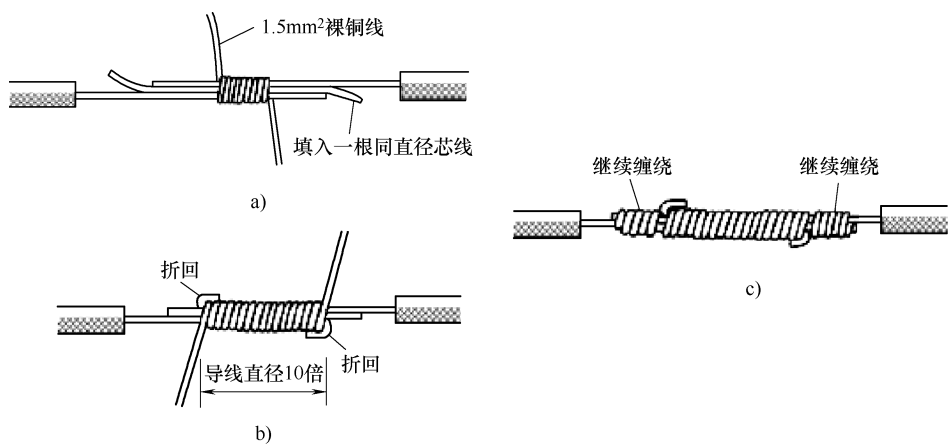


图 2-22 截面积为 6mm^2 以上的导线直线连接

(3) 粗细不等的单股铜导线的连接

把细导线在粗导线上缠绕 5~6 圈后，弯折粗导线端部，使它压在细线缠绕层上，再把细线缠绕 3~4 圈后剪去多余细线头，如图 2-23 所示。

(4) 电缆线头的连接

电缆线头的连接如图 2-24 所示。这种方式的连接适用于双芯、多芯电缆线、护套线。线头的连接方法与前面讲述的绞接法相同。应该注意的是，不同芯线的连接点应该错开，以免发生短路和漏电。

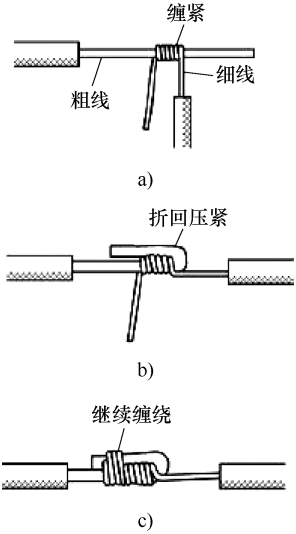


图 2-23 粗细不等的单股铜导线连接

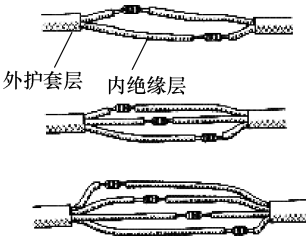


图 2-24 电缆线头的连接

3. 单股铜芯线 T 形连接

常用的单股铜芯线有 6mm^2 及以下的小截面单股铜芯线和 6mm^2 以上的大截面单股铜芯线，其连接方法见表 2-14。

表 2-14 单股铜芯线 T 形连接

线 型 类 别	步 骤	方 法	说 明
小 截 面 积 单 股 铜 芯 线	1	将支路芯线与干路芯线垂直相交，支路芯线留出 3~5mm 裸线，将支路芯线在干路芯线上顺时针缠绕 6~8 圈，剪去多余部分，去除毛刺	如图 2-25 所示
	2	对于较小截面芯线的 T 形连接，可先将支路芯线的线头在干路芯线上打一个环绕结，接着在干路芯线上紧密缠绕 5~8 圈	
	3	把多余线端剪去，钳平切口毛刺	
大 截 面 积 单 股 铜 芯 线	1	将支路芯线线头弯成直角，将线头紧贴干路芯线	如图 2-26 所示
	2	填入相同直径的裸铜线，用绑扎线缠绕（参照大截面单股铜芯线的直线连接的方法）	

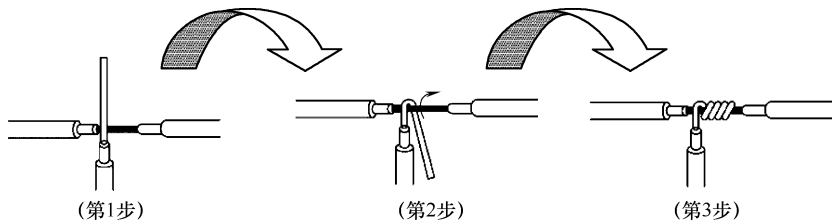


图 2-25 小截面单股铜芯线 T 形连接步骤

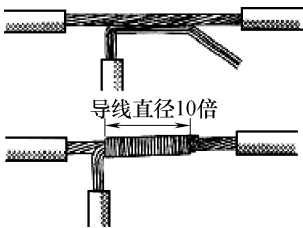


图 2-26 大截面单股铜芯线 T 形连接

小截面单股铜芯线 T 形连接记忆口诀
支、干两线垂直交，顺时方向支路绕。
缠绕五至八圈后，钳平末端去尾线。

4. 多股铜芯线线头的连接

在电力工程施工中，经常会遇到多股导线（例如 7 股、19 股等）的连接。下面以 7 股铜芯线为例介绍线头连接操作方法，其连接工艺与技术要求见表 2-15。

2.3.4 导线绝缘层的恢复

导线连接后，必须进行导线绝缘层的恢复工作。导线绝缘恢复的基本要求为绝缘带包裹均匀、紧密，不露铜芯。

1. 导线直接点的绝缘层恢复

导线直接点绝缘层恢复的操作步骤及方法见表 2-16。

2. 导线分支接点的绝缘层恢复

导线分支点绝缘层恢复的操作步骤及方法见表 2-17。

3. 导线并接点的绝缘层恢复

导线并接点的绝缘层恢复步骤及方法见表 2-18。

表 2-15 7 股铜芯线线头的连接工艺与技术要求

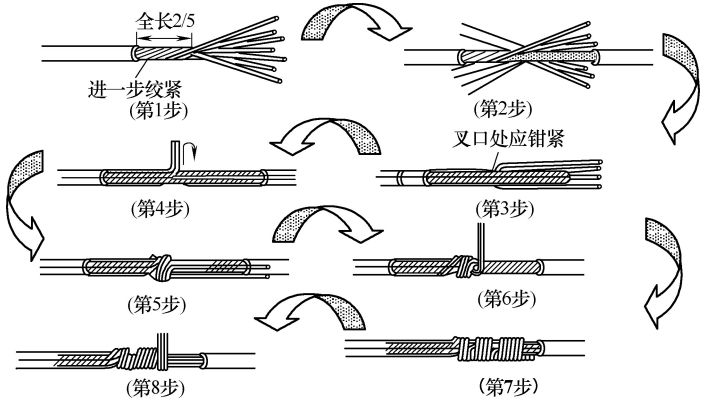
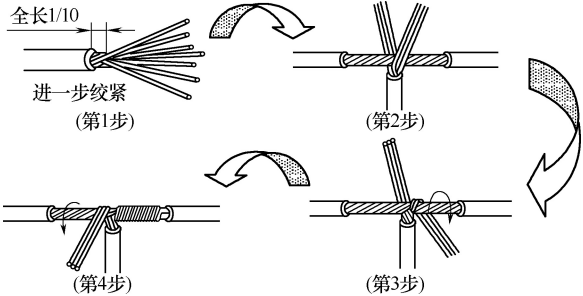
类 型	操作示意图	操作工艺与技术要求	要 点 归 纳
直线连接		(1) 除去绝缘层的多股线分散并拉直，在靠近绝缘层约 1/3 处沿原来扭绞的方向进一步扭紧 (2) 将余下的自由端分散成伞形，将两伞形线头相对，隔股交叉直至根部相接 (3) 捏平两边散开的线头，将导线按 2、2、3 分成三组，将第 1 组扳至垂直，沿顺时针方向缠绕两圈再弯下扳成直角紧贴对方芯线 (4) 第 2、3 组缠绕方法与第 1 组相同（注意：缠绕时让后一组线头压住前一组已折成直角的根部，最后一组线头在芯线上缠绕 3 圈），剪去多余部分，修除毛刺	口诀 剥削绝缘拉直线， 绞紧根部余分散。 制成“伞骨”隔根插， 2、2、3、3 要分辨。 两组 2 圈扳直线， 三组 3 圈弃余线。 根根细排要绞紧， 同是一法另一端。
T 形连接		在支路芯线靠根部 1/10 的部位沿原来的绞合方向进一步绞紧，将余下的线头分成两组，拨开干路芯线，将其中一组插入并穿过，另一组置于干路芯线前面，沿右方向缠绕 4~5 圈，插入干路芯线的一组沿左方向缠绕 4~5 圈。剪去多余部分，去除毛刺	口诀 3、4 两组干、支分， 支线一组如干芯。 3 绕 3 至 4 圈后， 4 绕 4 至 5 圈平。

表 2-16 导线直接点绝缘层恢复

步 骤	操 作 方 法	说 明
1	用黄蜡带或涤纶薄膜带从导线左侧的完好绝缘层上开始顺时针包缠	如图 2-27 所示
2	进行包扎时，绝缘带与导线应保持 45°的倾斜角并用力拉紧，使得绝缘带半幅相叠压紧	
3	包至另一端也必须包入与始端同样长度的绝缘层，然后接上黑胶带，并应包出绝缘带至少半根带宽，即必须使黑胶带完全包没绝缘带	
4	黑胶带的包缠不得过疏或过密，包到另一端也必须完全包没绝缘带，收尾后应用手的拇指和食指紧捏黑胶带两端口，进行一正一反方向拧紧，利用黑胶带的粘性，将两端充分密封起来	

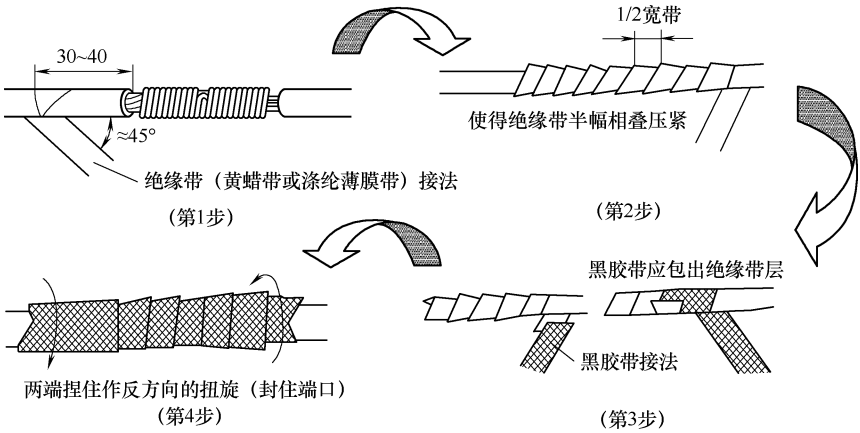


图 2-27 导线直接点绝缘层恢复

表 2-17 导线分支接点绝缘层恢复

步 骤	操 作 方 法	说 明
1	用黄蜡带或涤纶薄膜带从左侧的完好的绝缘层上开始顺时针包缠	如图 2-28 所示
2	包到分支线时，应用左手拇指顶住左侧直角处包上的带面，使它紧贴转角处芯线，并使处于线顶部的带面尽量向右侧斜压	
3	绕至右侧转角处，用左手食指顶住右侧直角处带面并使带面在干线顶部向左侧斜压，与被压在下边的带面呈“X”形交叉。然后把带再回绕到右侧转角	
4	黄蜡带或涤纶薄膜带应紧贴支线连接处根端，开始在支线上缠包，包上完好绝缘层上约两根带宽时，原带折回再包至支线连接处根端，并把带向干线左侧斜压	
5	当带围过干线顶部后，紧贴干线右侧的支线连接处开始在干线右侧芯线上进行包缠	
6	包至干线另一端的完好绝缘层上后，接上黑胶带，再按第 2 ~ 5 步方法继续包缠黑胶带	

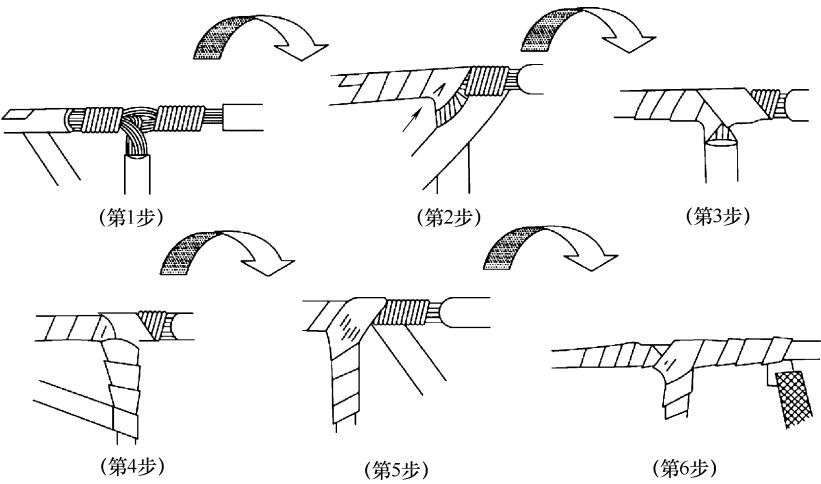


图 2-28 导线分支接点的绝缘层恢复

表 2-18 导线并接点的绝缘层恢复

步 骤	操 作 方 法	说 明
1	用黄蜡带或涤纶薄膜带从左侧的完好的绝缘层上开始顺时针包缠	如图 2-29 所示
2	由于并接点较短，绝缘带叠压宽度可紧些，间隔可小于 1/2 带宽	
3	包缠到导线端口后，应使带面超出导线端口 1/2 ~ 3/4 带宽，然后折回伸出部分的带宽	
4	把折回的带面掀平压紧，接着缠包第二层绝缘层，包至下层起包处为止	
5	接上黑胶带，并使黑胶带超出绝缘带层至少半根带宽，并完全压没住绝缘带	
6	按第 2 步的方法把黑胶带包缠到导线端口	
7	按第 4 步的方法把黑胶带缠包端口绝缘带层，要完全压没住绝缘带；然后折回缠包第二层黑胶带，包至下层起包处止	
8	用右手拇指和食指紧捏黑胶带断带口，使端口密封	

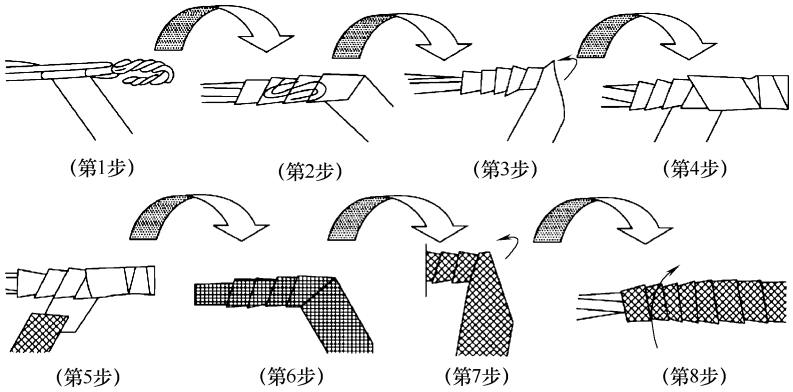


图 2-29 导线并接点的绝缘层恢复



指点迷津

恢复线头绝缘层时，要求绝缘带一圈一圈包缠紧密，中间不能有气泡产生。绝缘带的包缠应尽可能平整、光滑，不能裸露导线的芯线。

导线的绝缘层因外界因素而破损，也必须用上面介绍的方法恢复其绝缘层，恢复绝缘层后的导线强度应符合安全要求。

照明电路及装置应用技能



3.1 户内配电基础

3.1.1 户内配电的原则及要求

1. 户内配电基本原则

由于户内配线方法的不同，技术要求也有所不同。但无论何种配线方法都必须遵守户内配电的基本原则，即安全、可靠、方便、美观、经济，其含义见表 3-1。

表 3-1 户内配电的基本原则

原 则	含 义
安全	户内配线及电器、设备必须保证安全运行
可靠	保证线路供电的可靠性和户内电器设备运行的可靠性
方便	保证施工和运行操作及维修的方便
美观	户内配线及电器设备安装应有助于建筑物的美化
经济	在保证安全、可靠、方便、美观的前提下，应考虑其经济性，做到合理施工，节约资金

2. 户内配电的技术要求

户内配线可分为明敷和暗敷两种。无论采用哪种配线方式，均要求配电线路布置合理、整齐、安装牢固，安全可靠。其技术要求如下：

1) 所选用的导线应符合有关规范的要求。户内配电线路的导线，其额定电压应大于线路的工作电压；导线的绝缘性能应满足线路安装方式和敷设环境条件的要求；导线的横截面积应能满足供电和机械强度的要求。

在户内布线中，由于环境条件和敷设方式的不同，使用导线的型号、横截面积也不一样。表 3-2 列出了户内线常用导线的型号、名称及用途，可供设计、安装备料时参考。

线路的载流量（负载电流）、机械强度、允许电压损失是决定导线截面积大小的主要因素，表 3-3 是户内配线线芯所允许的最小截面积。

按照国家有关规定，家庭及类似场所在进行装修时，户内配电线路应优先采用绝缘铜芯线，如图 3-1 所示。

表 3-2 户内线常用导线的型号、名称及用途

型 号	名 称	用 途
BV BLV BX BLX BLXF	聚氯乙烯绝缘铜芯线 聚氯乙烯绝缘铝芯线 铜芯橡皮线 铝芯橡皮线 铝芯氯丁橡皮线	交、直流 500V 及以下的户内照明和动力线路的敷设，室外架空线路
LJ LGJ	裸铝绞线 钢芯铝绞线	高大厂房绝缘子配线和室外架空线
BVR	聚氯乙烯绝缘铜芯软线	活动不频繁场所的电源连接线
BVS 或 (RTS) RVB 或 (RFS)	聚氯乙烯绝缘双根铜芯绞合软线 (丁腈聚氯乙烯复合绝缘) 聚氯乙烯绝缘双根平行铜芯软线 (丁腈聚氯乙烯复合绝缘)	交、直流额定电压为 250V 及以下的移动电具、吊灯电源连接线
BXS	棉纱编织橡皮绝缘双根铜芯绞合软线（花线）	交、直流额定电压为 250V 及以下的吊灯电源连接线
BVV BLVV	聚氯乙烯绝缘和护套铜芯线（双根或三根） 聚氯乙烯绝缘和护套铝芯线（双根或三根）	交、直流额定电压为 500V 及以下的户内外照明和小容量动力线路的敷设
RHF	氯丁橡胶套铜芯软线	250V 户内、室外小型电动工具的电源连线
RVZ	聚氯乙烯绝缘和护套连接铜芯软线	交流额定电压 500V 以下移动式用电器的连接

表 3-3 户内配线线芯最小允许截面积

敷设方式及用途			芯线最小允许截面积/mm ²		
			铜 芯 软 线	铜 线	铝 线
敷设在户内绝缘支持件上的裸导线			—	2.5	4.0
敷设在绝缘支持件上的绝缘导线，其支持点间距	1m 及以下	户内	—	1.0	1.5
		室外	—	1.5	2.5
	2m 及以下	户内	—	1.0	2.5
		室外	—	1.5	2.5
	6m 及以下		—	2.5	4.0
	12m 及以下		—	2.5	6.0
穿管敷设的绝缘导线			1.0	1.0	2.5
槽板内敷设的绝缘导线				1.0	1.5
塑料护套线敷设				1.0	1.5

2) 配线方式应根据环境来考虑。配线时应尽量避免导线有接头。如接头不可避免，应采用压接或焊接，最有效的措施是采用接线盒或分线盒。注意导线连接和分支处不应受机械力的作用。敷设在管内的导线，在任何情况下都不能有接头，必要时尽可能将接头放

在接线盒内。

3) 配线应加套管保护 (PVC 塑料管或镀锌水管, 按户内配管的技术要求选配), 天花板走线可用金属软管, 但需固定稳妥。

4) 各种信号线 (网络线、电话线等) 不要与电力配电线平行走线, 更不能穿在同一管内。如因环境所限, 不得不平行走线时, 则两者应距离 50cm 以上。

5) 配电线路明敷时, 在建筑物内应该水平或垂直敷设。水平敷设的导线与地面距离不应小于 2m, 垂直敷设的导线与地距离不应小于 1.3m。

6) 导线穿墙时, 要采用镀锌水管或硬质塑料管进行保护, 管两端出线口伸出墙面距离不宜小于 10mm。穿墙配线的位置应便于检查和维护。

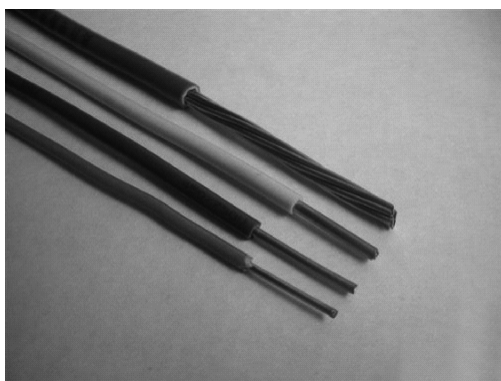


图 3-1 绝缘铜芯线

3.1.2 配线施工的一般工序

户内配线工序口诀

熟悉图样备好料, 预埋管件先做好。
导线敷设重安全, 美观适用也重要。
插座开关及灯具, 土建结束后接线。
通电检查不可少, 各种因素考虑到。
工程竣工要验收, 保存详图及资料。

具体来说, 电线管配线工程施工程序如下。

1) 定位画线。根据施工图样, 确定各种电器的安装位置、导线敷设路径及导线穿过墙壁或楼板的位置。

2) 预留预埋。配合土建施工搞好电气安装的预留预埋工作, 或在土建抹灰前将配线所有的固定点打好孔洞。

3) 装设导线保护管。

4) 敷设导线。

5) 土建结束后, 测试导线绝缘。

6) 进行导线出线头与设备 (开关、插座、灯具等) 的连接。

7) 校验、自检、试通电。

8) 绘制管线分布详图, 制作视频资料。

9) 竣工验收。

3.2 电气预埋件施工

3.2.1 预埋铁件

1. 预埋铁件和吊挂件的方法

预埋铁件就是在混凝土或砖结构内，预先埋设带有弯钩的圆形钢或有开叉的角钢。预埋铁件由土建施工单位按图样制作，一般要求电工配合指导并验收。

按照规定，3kg 以上的吊灯、吊扇，必须采用预埋铁件的方法固定。通用预埋铁件的示意图如图 3-2 所示，常用吊钩、吊挂螺栓预埋方法如图 3-3 所示。

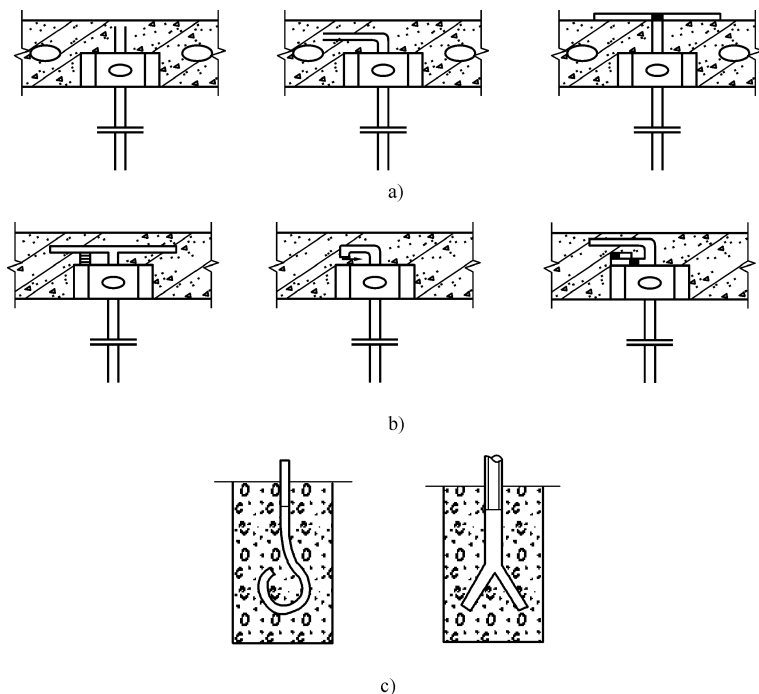


图 3-2 通用预埋铁件的示意图

2. 漏埋铁件的补救措施

在施工过程中通常会出现因为各种原因而导致漏埋预埋铁件的情况，漏埋铁件的一般补救方法有膨胀螺栓固定法、穿梁（楼板、墙）螺栓法、化学螺栓法、植筋胶法等。

用膨胀螺栓紧固的电气设备，其规格要与设备荷载相适应。

3.2.2 预埋尼龙胀管

在家庭及类似场所，对于小型灯具、配管支架和电源线保护管的固定，只需要用尼龙胀管，没有必要用金属膨胀螺栓。据测算，两只施工正确的尼龙胀管，可承受一个成年人的重量。

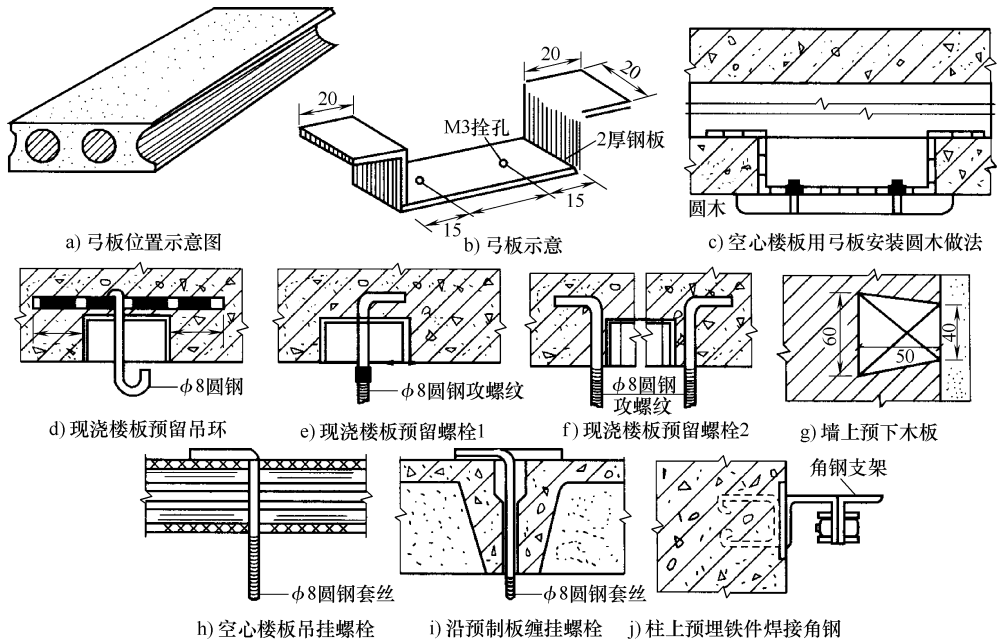


图 3-3 常用吊钩、吊挂螺栓预埋方法

注：1. 大型灯具的吊装结构应结构专业核算。2. 较重灯具不能用塑料线承重吊挂。

常用的尼龙胀管有两种：6mm×30mm 和 8mm×45mm，如图 3-4 所示。

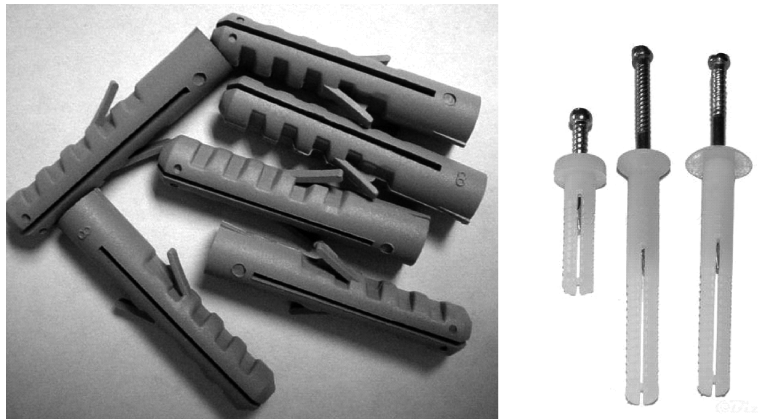


图 3-4 尼龙胀管

尼龙胀管安装示意图如图 3-5 所示。图中， A 为被固定件厚度，单位为 mm； B 为尼龙胀管深入墙壁的深度； L 为尼龙胀管长度，单位为 mm。

安装尼龙胀管一般按照以下顺序施工：

1) 画线定位。为了使被固定的物体位置正确，必须根据被固定对象固定孔的位置画线定位，要做到横平竖直。注意：孔中心离墙、柱的边缘不宜小于 40mm。

2) 钻孔时，钻头应和钻孔面保持垂直，且要一次完成，以防孔径被扩大。选用钻头

时,应根据墙、柱的材料和使用的尼龙胀管规格决定钻孔直径。

3) 将孔内灰渣清除,以保持钻孔深度。

4) 旋入木螺钉。木螺钉的规格和长度必须选用正确。木螺钉过细、过短时,固定就不牢靠;木螺钉过粗、过长时,木螺钉就难以旋入。

3.2.3 预埋膨胀螺栓

采用膨胀螺栓固定电气设备,具有安装方便、固定牢固的特点。预埋膨胀螺栓一般与电气设备安装同步进行,这也是近年来户内电气安装比较常用的方法。一般采用胀开式膨胀螺栓,如图3-6所示。

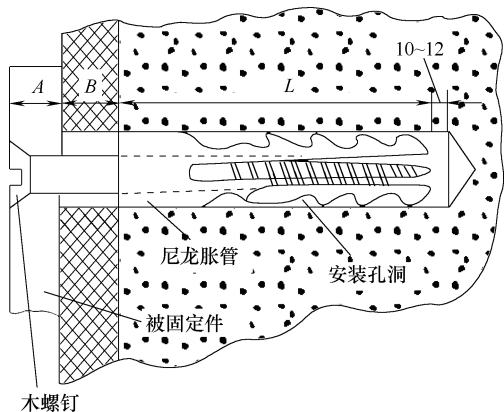


图 3-5 尼龙胀管安装示意图



图 3-6 胀开式膨胀螺栓

用膨胀螺栓紧固电气设备,其规格要与设备荷载相适应,常用膨胀螺栓的规格有 M6、M8、M10、M12 等。

3.3 户内电线管配线

户内配线方式主要有瓷夹板、瓷珠配线、瓷瓶配线、钢索吊线、大瓷瓶配线、管内穿线等。目前应用最多的是管内穿线（把绝缘电线穿入电线管内的敷设方式）。针对初学者的实际,本书主要介绍目前最常用的 PVC 管配线。

PVC 管配线的优点是耐潮、耐腐蚀,导线不易受到机械损伤,不易发生火灾,可减少触电事故,而且线路整洁美观。其缺点是工程造价高,维修不太方便。

3.3.1 电线管配线基础

1. 选择电线管的原则

电线管配线是目前户内布线最常用的方式。用于户内布线敷设的线管有白铁管、钢管和硬塑料管,其种类和使用场合见表3-4。

表 3-4 电线管种类和使用场合

线管名称	使用场合	最小允许管径
白铁管	适用于潮湿和有腐蚀气体场所内明敷或埋地	最小管径应大于内径 9.5mm
钢管	适用于干燥场所以及有火灾或爆炸危险的场所的明敷或暗敷	最小管径应大于内径 9.5mm
硬塑料管	适用于腐蚀性较强的场所明敷或暗敷	最小管径应大于内径 10.5mm

常用 PVC 管的特性见表 3-5。

表 3-5 常用 PVC 管的特性

种类	特性说明	管材连接方法
硬质 PVC 管	由聚乙烯树脂加入稳定剂、润滑剂等助剂经捏合、滚压、塑化、切粒、挤出成型加工而成酸碱，加热煨弯、冷却定型才可用。主要用于电线、电缆的套管等。管材长度一般 4m/根，颜色一般为灰色	加热承插式连接和塑料热风焊，弯曲必须加热进行
刚性 PVC 管	也叫 PVC 冷弯电线管，管材长度 4m/根，颜色有白、纯白，弯曲要专用弯曲弹簧	接头插入法连接，连接处面涂专用胶合剂，接口密封
半硬质 PVC 管	由聚氯乙烯树脂加入增塑剂、稳定剂及阻燃剂等经济挤出成型而得，用于电线保护，颜色有黄、红、白等，成捆供应，每捆 1000m	采用专用接头涂塑料胶来粘接，管道弯曲自如，无需加热

2. 电线管敷设方式

电线管敷设方式主要有 3 种，见表 3-6。

表 3-6 电线管敷设方式

敷设方式	说明
明敷设	电线穿管沿墙面、顶棚、梁、柱等处敷设
暗敷设	电线穿管埋设在墙壁、地墙、楼板、吊顶等内部敷设
架空敷设	电线穿管在户内架空，适于工厂采用。管线多，管径大，通常用高、低支架来支承

3. 线路共管敷设的条件

不同电压、不同回路、不同电流种类的导线，不得同穿在一根管内。只有在下列情况时才能共穿一根管：

- 1) 一台电动机的所有回路，包括主回路和控制回路。
- 2) 同一台设备或同一条流水作业线的多台电动机以及无防干扰要求的控制回路。
- 3) 无防干扰要求的各种用电设备的信号回路、测量回路及控制回路。
- 4) 电压相同的同类照明支线可以共穿一根电线管，但不得超过 8 根。工作照明和应急照明不能同穿一根电线管。

禁止将互为备用的回路敷设在同一根管内。控制线和动力线路共管时，如果线路长而且弯多，控制线的截面积不得小于动力线截面积的 10%，否则应该分开敷设。

3.3.2 PVC 管配线工艺

目前，在工程线路敷设中使用比较多的是 PVC 管，它具有抗压力强、防潮、耐酸碱、防鼠咬、阻燃、绝缘等优点，可浇筑于混凝土内，也可明装于户内及吊顶等场所。

PVC 管根据施工的不同可分圆管、槽管和波形管，如图 3-7 所示；根据管壁的薄厚又可分为轻型管（主要用于挂顶）、中型管（用于明装或暗装）、重型管（主要用于埋藏混凝土中）。

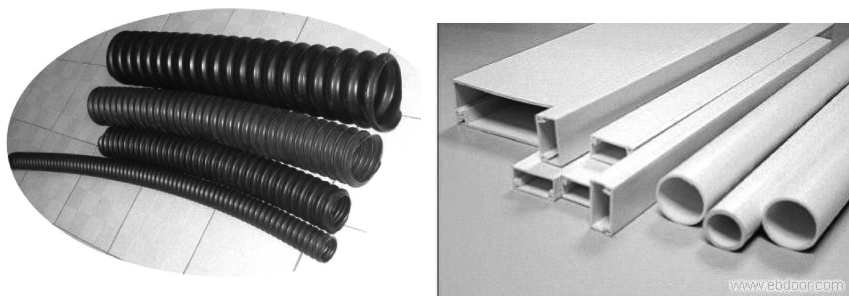


图 3-7 常用 PVC 管的外形

圆形 PVC 管的常规尺寸有直径 16mm、直径 20mm 和直径 25mm。

由于 PVC 管管径的不同，因此配件的口径也不同，应选择同口径的与之配套。根据布线的要求，管件的种类有三通、弯头、入盒接头、接头、管卡、变径接头、明装三通、明装弯头、分线盒等，如图 3-8 所示。

1. 电线管配线主要工序

(1) 画线

根据设计图样或实物尺寸进行定位。确定线路终端插座，开关，面板的位置，在墙面标画出准确的位置和尺寸，如图 3-9 所示。开关插座的测量定位分为三个方面，即平面位置、高度、与墙面凹凸距离。要按各种器具设计高度安装其接线盒。

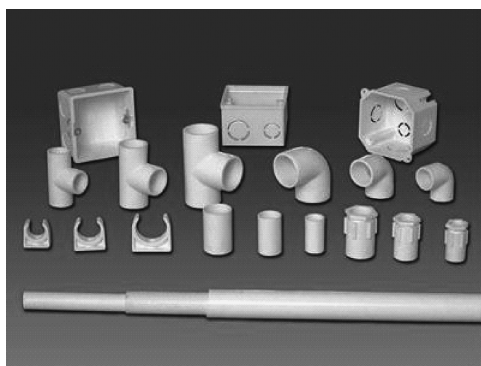


图 3-8 PVC 管配件



图 3-9 定位画线

设计布线时，应执行强电在上，弱电在下，横平竖直，避免交叉，美观实用的原则。

(2) 开槽

开槽工具一般采用切割机，不方便施工的地方也可采用电锤开槽，如图 3-10 所示。

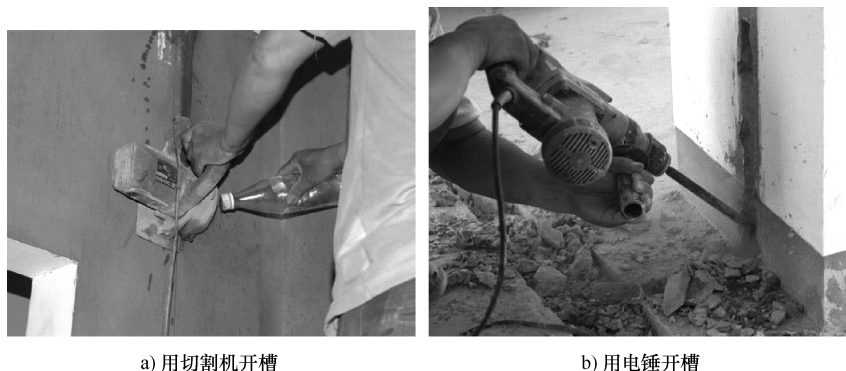


图 3-10 在墙面上开槽的方法

开槽深度一般是 PVC 管直径 + 10mm，开槽宽度按预埋线管数量确定，管槽宽度不得尺寸过大。线盒槽的切割尺寸应符合底盒宽度、深度的要求。

在建筑物的梁、柱上严禁开槽。

(3) 埋设暗盒及敷设 PVC 管

户内导线管理敷设应分强电、弱电线路分别埋管走线。为便于穿线，当管线长度超过 15m 或有两个直角弯时，应增设拉线盒。暗线敷设必须配用阻燃 PVC 管。

(4) 穿线

PVC 管安装好后，统一穿电线。

用电线路照明、插座，应分色线，相线线色分：红、黄、绿、白色；零线线色分：浅蓝、深蓝；接地线为双色线。

(5) 安装开关，面板，各种插座，配电箱和灯具

当吊灯自重 3kg 及以上时，应预埋铁件或膨胀螺栓，然后将灯具固定在预埋件上。

(6) 检查

包括校验、自检、试通电等工序。

(7) 完成电路布线竣工图

2. PVC 管加工制作

(1) PVC 管切断

管径 32mm 及以下的小管径管材可采用专用割管器（或专用剪刀）切断管材。截断后，要用截管器的刀背切口倒角。

用专用剪刀剪断 PVC 管如图 3-11 所示。操作时先打开 PVC 管剪刀手柄，把 PVC 管放入刀口内，握紧手柄，边转动管子边进行裁剪，刀口切入管壁后，应停止转动，继续裁剪，直至管子被剪断。



图 3-11 用专用剪刀剪断 PVC 管

采用钢锯切断 PVC 管，适用于所有管径的管材，管材锯断后，应将管口修理平齐、光滑。



指点迷津

一根 PVC 电线管的长度为 4m，剪断 PVC 管时要“先长后短”，即先剪断长尺寸的线管，后剪断短尺寸的线管，这样可减少线管的损耗率。剪管时，剪刀的进刀量每次不可太深，以进刀后旋转刀片不太吃力为准。刀片沿线管外径旋转 1~2 周后进一次刀，这样可延长刀片的寿命。

(2) 弯管

管径 32mm 以下的 PVC 管可采用冷弯方式，冷弯方式有弹簧弯管和弯管器弯管；管径 32mm 以上宜用热弯方式。PVC 管的弯管方式见表 3-7。

表 3-7 PVC 管弯管方式

弯管方式	适宜情况		说 明
冷弯	管径 32mm 以下	弹簧弯管	先将弹簧插入管内（见图 3-12），两手用力慢慢弯曲管子，考虑到管子的回弹，弯曲角度要稍大一些。当弹簧不易取出时，可逆时针转动弯管，使弹簧外径收缩，同时往外拉弹簧即可取出
		弯管器弯管	将已插好弯管弹簧的管子插入配套的弯管器中，手扳一次即可弯出所需管子
热弯	管径 32mm 以上宜用热弯		热弯时，有直接加热和灌砂加热两种方法。热源可用热风、热水浴、油浴等加热，温度应控制在 80~100℃，同时应使加热部分均匀受热，为加速弯头恢复硬化，可用冷水布抹拭冷却，如图 3-13 所示

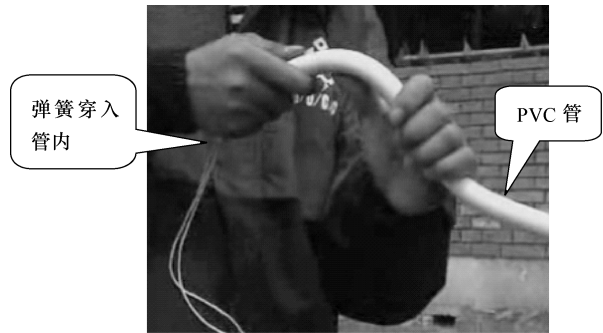


图 3-12 弹簧弯管

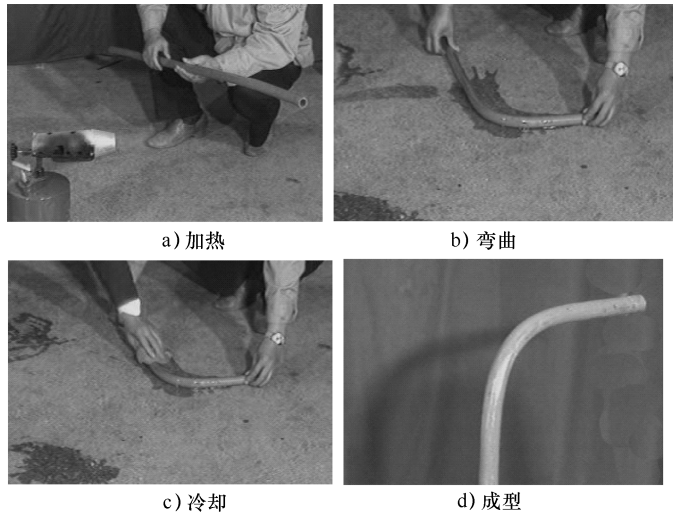


图 3-13 PVC 管加热弯曲方法

PVC 管的弯头宜采用整管弯曲。电线管的弯曲处不应有折皱、凹陷和裂缝，其弯扁程度不应大于管外径的 10%。电线管弯曲半径的规定见表 3-8。

表 3-8 电线管弯曲半径的规定

项 目	规 定 说 明
管路明敷	一般情况下，弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍
	当两个接线盒间只有一个弯曲时，其弯曲半径不宜小于管外径的 4 倍
管路暗敷	一般情况下，弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍
	当管路埋入地下或混凝土内时，其弯曲半径不应小于管外径的 10 倍，如图 3-14 所示

电线管布线时，应根据实际情况在管线的中间增设接线盒或拉线盒，且接线盒或拉线盒的位置应便于穿线，如图 3-15 所示。

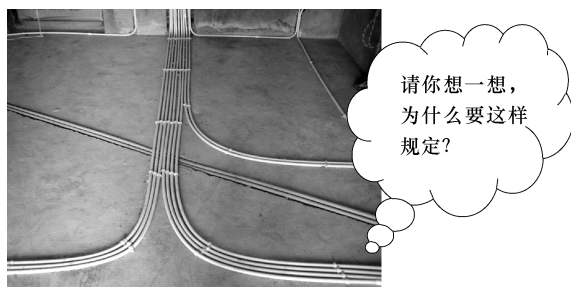


图 3-14 电线管的弯曲半径示例

3. PVC 管的敷设

管路应严格按设计布管，沿最近的方向敷设，使走向顺直，减少弯曲。在楼板内严禁三层管交叉重叠；成排管路在同一位置时，要求管与管之间有 2cm 以上的间距，且排列整齐。

户内装修时，PVC 管敷设通常有以下三种施工方法。

(1) 在墙面上敷设 PVC 管

在墙面上暗敷 PVC 管时，需要先在墙面上开槽。开槽完成后，将 PVC 管敷设在管槽中，PVC 管可用管卡固定，也可用木楔进行固定，还可以在线管后面钉螺丝之后绑上铜线来固定。

PVC 电线管暗敷设时，一般先用管卡固定，再用水泥砂浆固定。不提倡只用水泥砂浆固定，如图 3-16 所示。

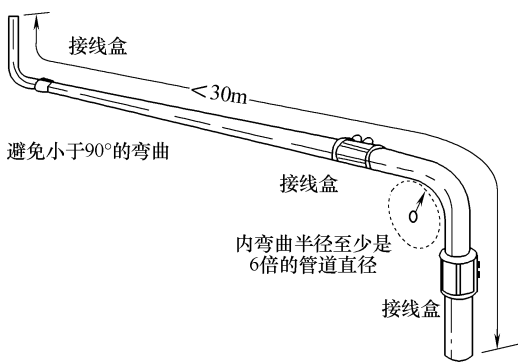
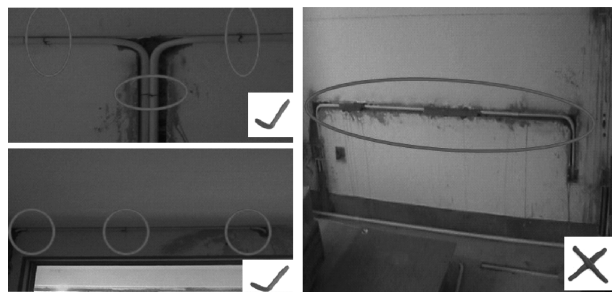


图 3-15 电线管布线时接线盒的设置



a) 正确方法

b) 错误方法

图 3-16 电线管的固定

(2) 在吊顶内敷设 PVC 管

吊顶内的线管要用明管敷设的方式，不得将线管固定在平顶的吊架或龙骨上，接线盒

的位置应与龙骨错开，这样便于日后检修，如图 3-17 所示。如果要用软管接到下面灯的位置，软管的长度不能超过 1m。



图 3-17 在吊顶内敷设 PVC 管

注意：在吊顶内敷设电线管时，应先装电线管，后吊顶。在有防火安全要求的公共场所建筑的吊顶内，应采用使用金属管敷设。

(3) 在地面上敷设 PVC 管

在地面上敷设 PVC 管时，如果地面比较平整，垫层厚度足够，电线管可直接放在地面上。为了防止地面上的线管在其他工种施工过程中被损坏，在垫层内的线管可用水泥砂浆进行保护，如图 3-18 所示。



图 3-18 地面线管保护措施示例

4. PVC 管的连接

(1) PVC 管与 PVC 管的连接

PVC 管常用的连接器有三通、月弯、束节等。硬塑料管与硬塑料管直线连接在两个接头部分应加装束节，束节可按硬塑料管的直径尺寸来选配，束节的长度一般为硬塑料管内径的 2.5~3 倍，束节的内径与硬塑料管外径有较紧密的配合，装配时用力插到底即可，一般情况不需要涂粘合剂。硬塑料管与硬塑料管为 90°连接时可选用月弯。线路分支连接时，可选用三通。

PVC 管的连接方法见表 3-9。

表 3-9 PVC 管的连接方法

连接方式	连接方法
管接头（或套管）连接	将管接头或套管（可用比连接管管径大一级的同类管料做套管）及管子清理干净，在管子接头表面均匀刷一层 PVC 胶后，立即将刷好胶的管头插入接头内，不要扭转，保持约 15s 不动，即可贴牢，如图 3-19 所示
插入法连接	将两根管子的管口，一根内倒角，一根外倒角，加热内倒角的 PVC 管加热至 145℃ 左右，将外倒角管涂一层 PVC 胶后，迅速插入内倒角管，并立即用湿布冷却，使管子恢复硬度



图 3-19 PVC 管的连接

注意：线路暗敷时禁止使用三通，明敷设时应少用或不用三通。因为使用三通会给今后的维护及线路检修带来不便。

(2) PVC 管与电气盒的连接

安装开关、插座的接线盒有正方形盒和长方形盒；用来安装灯具的接线盒是八角形，称为灯头盒。接线盒壁上有敲落孔，使用时用钢丝钳敲击即成圆孔，用来与电线管连接，如图 3-20 所示。

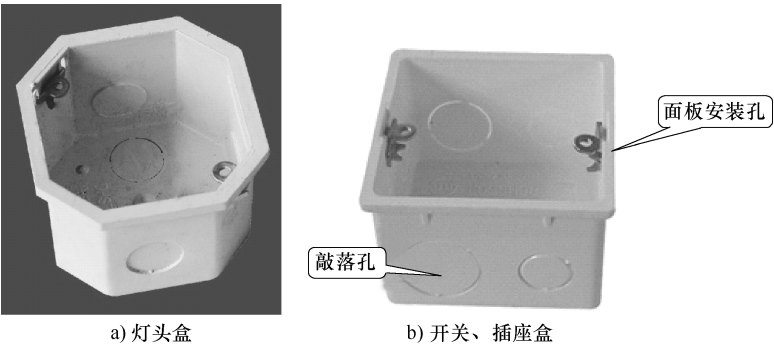


图 3-20 接线盒

PVC 管与开关盒、开关箱、插座盒的连接方法见表 3-10。如图 3-21 所示为 PVC 管与电气接线盒连接示例。

表 3-10 PVC 管与电气盒的连接

步 骤	操 作 方 法
1	将入盒接头和入盒锁扣紧固定在盒（箱）壁上
2	将入盒接头及管子插入段擦干净
3	在插入段外壁周围涂抹专用的 PVC 胶
4	用力将管子插入接头（插入后不得随意转动，待约 15s 后即可）

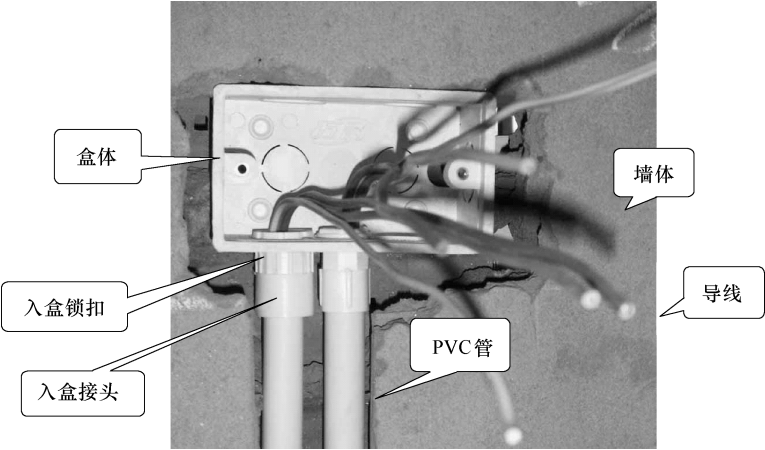


图 3-21 PVC 管与电气盒连接

5. 穿线

在穿线前要清除管口的毛刺，以免穿线时碰伤导线。如果管线较长，导线不能直接穿入，可用一根直径为 1 ~ 1.6mm 的引线钢丝先穿入管子。为了使钢丝顺利穿入，可在钢丝的头部做一个小弯钩。如果管线中的弯头较多，穿入引线钢丝有难度，则可采用两根引线钢丝分别从管子的两端管口穿入的方法。为了使两根引线钢丝相互钩住，引线钢丝头部应做成较大的弯钩如图 3-22 所示。当引线钢丝钩住后，可抽出其中的一根，管内留一根钢丝以备穿线用。

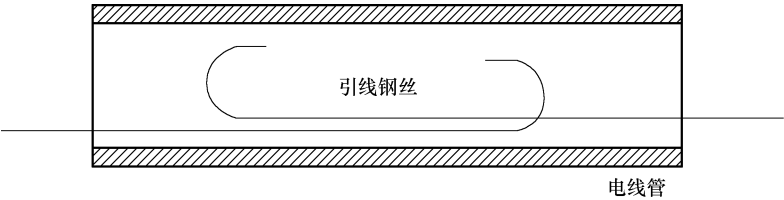
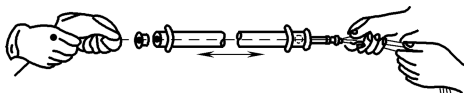


图 3-22 引线钢丝

穿线时，在管子两端口各有一人，一人负责将导线束慢慢送入管内，另一人负责慢慢抽出引线钢丝，要求步调一致，如图 3-23 所示。PVC 管线路一般使用单股硬导线，单股

硬导线有一定的硬度，可直接穿入管内。在线路穿线中，如遇月弯导线不能穿过，可卸下月弯，待导线穿过后再安装。最后还应将电线管连接好。



a) 示意图



b) 实际操作图穿线

图 3-23 穿线

穿线完成后，将绑扎的端头拆开，然后依据接线长度加上预留长度，将多余部分的线剪掉（穿线时一般情况下是先穿线，后剪断，这样可节约导线），如图 3-24 所示。然后测量电线管中线与线之间和导线与管（地）之间绝缘电阻，应大于 $1\text{M}\Omega$ ，低于 $0.5\text{M}\Omega$ 时应查出原因，重新穿线。

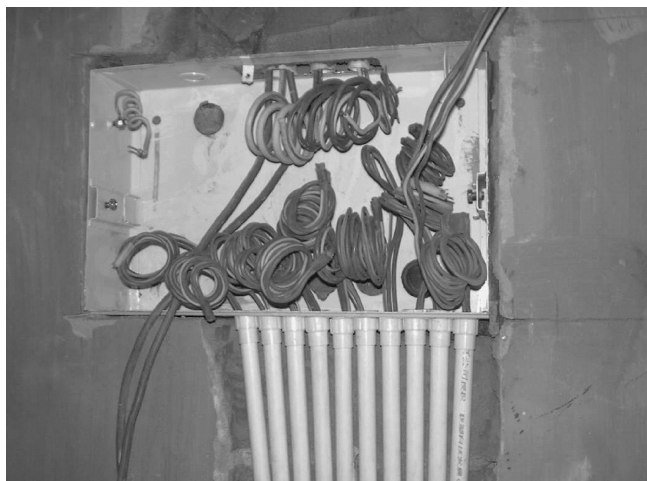


图 3-24 预留线头示例

穿线后，留在接线盒内的线头要用绝缘带包缠好，以进行成品保护，如图 3-25 所示。



图 3-25 成品保护

3.4 户内配电装置安装

3.4.1 照明开关的安装

1. 照明开关安装的技术要求

1) 安装前应检查开关规格型号是否符合设计要求，并检查是否具有产品合格证，同时检查开关操作是否灵活。

2) 用万用表 $R \times 100$ 挡或 $R \times 10$ 挡检查开关的通断情况。

3) 用绝缘电阻表（兆欧表）摇测开关的绝缘电阻，要求不小于 $2M\Omega$ 。摇测方法是一条测试线夹在接线端子上，另一条夹在塑料面板上。由于户内安装的开关、插座数量较多，电工可采用抽查的方式对产品绝缘性能进行检查。

4) 开关一定要串接在电源相线上。

5) 同一室内的开关高度误差不能超过 5mm，并排安装的开关高度误差不能超过 2mm。开关面板的垂直允许偏差不能超过 0.5mm。

6) 开关必须安装牢固。面板应平整，暗装开关的面板应紧贴墙壁，且不得倾斜，表面光滑整洁、无碎裂、划伤。

2. 安装单控开关

单控照明开关的线路如图 3-26 所示。单控照明开关接线比较简单，每个单控开关上有两个针孔式接线柱，分别接相线和回相线。

(1) 接线操作

1) 开关在安装接线前，应清理接线盒内的污物，检查盒体无变形、破裂、水渍等易引起安装困难及事故的遗留物。

2) 先把接线盒中留好的导线理好，留出足够操作的长度（一般应长出盒沿 10 ~ 15cm）。注意不要留得过短，否则很难接线；也不要留得过长，否则很难将开关装进接线盒。

3) 用剥线钳把导线的绝缘层剥去 10mm，把线头插入接线孔，用小螺钉旋具把压线螺

钉旋紧。注意线头不得裸露。

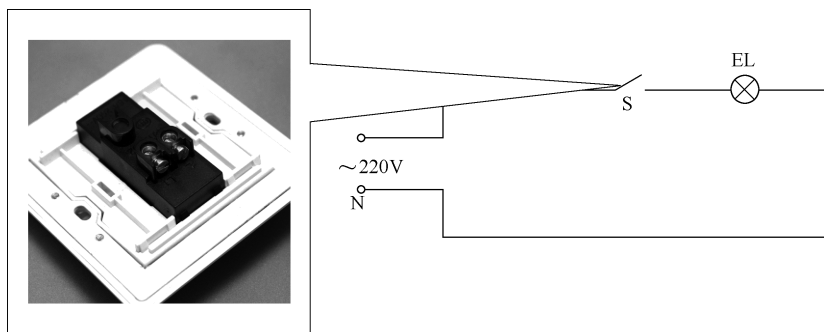


图 3-26 单控照明开关的线路

(2) 面板的安装

开关面板分为两种类型：一种单层面板，面板两边有螺钉孔；另一种是双层面板，把下层面板固定好后，再盖上第二层面板。

1) 单层开关面板安装的方法：先将开关面板后面固定好的导线理顺盘好，把开关面板压入接线盒。压入前要先检查开关跷板的操作方向，一般按跷板的下部，跷板上部凸出时，为开关接通灯亮的状态；按跷板上部，跷板下部凸出时，为开关断开灯灭的状态。再把螺钉插入螺钉孔，对准接线盒上的螺母旋入。在螺钉旋紧前注意检查面板是否平齐，旋紧时要使面板上边沿保持水平，不能倾斜。

2) 双层开关面板安装方法：双层开关面板的外边框是可以拆掉的，安装前先用小螺钉旋具把外边框撬下来，把底层面板先安装好，再把外边框卡上去，如图 3-27 所示。



图 3-27 双层开关面板安装

3. 安装双控开关

用两只双控开关在两地控制一盏灯，这种控制方法目前在家庭电路中比较常用，例如卧室吸顶灯、客厅大灯一般都采用双控开关控制。

暗装双控开关有 3 个接线端，如图 3-28 所示，我们把中间一个接线端编号为“1”，两边接线端分别编号为“2”、“3”，接线端“2”、“3”之间在任何状态下都是不通的，可用万用表电阻挡进行检测。双控开关的动片可以绕“1”转动，使“1”与“2”接通，也可以使“1”与“3”接通。注意两个双控开关位置编号相同。当开关 SA1 的触点 1 与 2 接通时，电路关断，灯灭；当开关 SA1 的触点 1 与 3 接通时，电路接通，灯亮；如果想在另一处关灯时扳动开关 SA2 将 1、3 接通，电路关断，灯灭；再扳动开关 SA2 将 1、2 接通，电路接通，灯又亮；同样再扳动开关 SA1 将 1、2 接通，电路关断，灯灭。这样就实现了两地控制一盏灯。

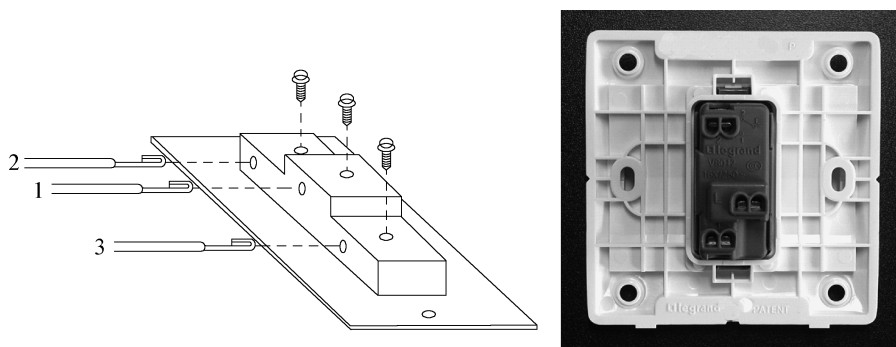


图 3-28 暗装双控开关接线图

安装时，零线可直接敷设到灯具安装处。两个开关盒之间的电线管内要穿三根控制电线（相线），三根电线要用不同的颜色区分开，相线先与开关 SA2 的接线柱“1”相接；再从 SA2 的接线柱“2”出来导线与 SA1 的“3”相接；又从 SA2 的“3”接线柱出来的导线与 SA1 的“2”相接；最后由 SA1 的“1”引出线到灯头。



指点迷津

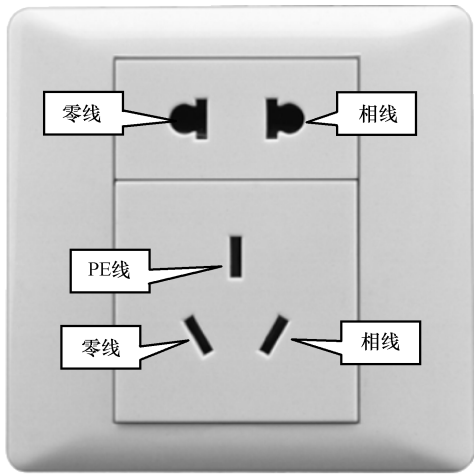
如果是多控开关（例如三控开关），则到开关的是相线和返回灯具的多根回相线。先用短导线把各个开关同侧的接线端连接在一起接相线，各个开关另一侧的接线端接各根回相线。

3.4.2 电源插座的安装

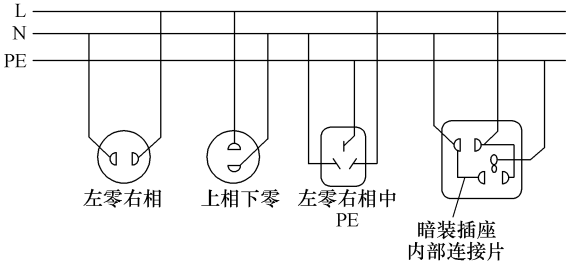
1. 电源插座的接线规定

1) 单相两孔插座有横装和竖装两种。横装时，面对插座的左极接零线（中性线 N），右极接相线（俗称火线 L），即“左零右相”；竖装时，面对插座的上极接相线，下极接零线，即“上相下零”。

2) 单相三孔插座接线时，保护接地线（PE）应接在上方，下方的左极接中性线，右极接相线，即“左零右相上地”。单相插座的接线方法如图 3-29 所示。



a) 实物示意图



b) 接线原理图

图 3-29 单相插座的接线方法

3) 多个插座导线连接时，不允许拱头（不断线）连接，应采用 LC 型压接帽压接总头后，再进行分支线连接，如图 3-30 所示。



图 3-30 成排安装插座导线连接

2. 安装暗装电源插座

暗装电源插座安装步骤及方法见表 3-11。

表 3-11 暗装电源插座安装步骤及方法

步 骤	操 作 方 法
1	将盒内甩出的导线留有足够的维修长度，剥削出线芯，注意不要碰伤线芯
2	将导线按顺时针方向盘绕在插座对应的接线柱上，然后旋紧压头。如果是单芯导线，可将线头直接插入接线孔内，再用螺钉将其压紧，注意线芯不得外露
3	将插座面板推入暗盒内
4	对正盒眼，用螺钉固定牢固。固定时要使面板端正，并与墙面平齐

安装时，注意插座的面板应平整、紧贴墙壁的表面，插座面板不得倾斜，相邻插座的间距及高度应保持一致。暗装插座安装方法如图 3-31 所示。

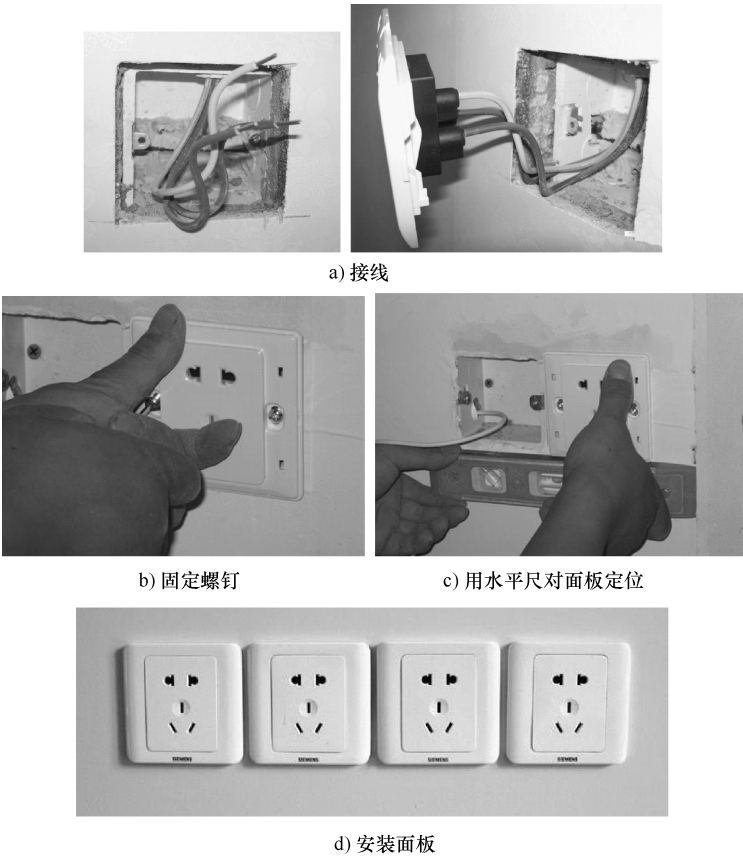


图 3-31 暗装插座安装

安装插座的要点为：紧贴墙壁，排列整齐，不得倾斜，间距一致，高度一致，接线正确。

3. 安装明装电源插座

明装插座安装步骤及方法见表 3-12。

表 3-12 明装插座安装步骤及方法

步 骤	操 作 方 法
1	将盒内甩出的导线由塑料（木）台的出线孔中穿出
2	将塑料（木）台紧贴于墙面用螺钉固定在盒子或木砖上。如果是明配线，木台上的隐线槽应先顺对导线方向，再用螺丝固定牢固
3	塑料（木）台固定后，将甩出的相线、零线、保护地线按各自的位置从插座的线孔中穿出，按接线要求将导线压牢
4	将插座贴于塑料（木）台上，对中找正，用木螺丝固定牢
5	固定插座面板

4. 安装电源插座注意事项

- 1) 插座必须按照规定接线。单相三孔插座不得倒装。
- 2) 接线一定要牢靠，相邻接线柱上的电线要保持一定的距离，接头处不能有毛刺，以防短路。
- 3) 卫生间等潮湿场所，不宜安装普通型插座，应安装防溅水插座。



指点迷津

插座接线是否正确，可用双功能漏电相位检测仪检查，如图 3-32 所示。



双功能漏电相位检测仪
SF-1016

使用方法：
将漏电相位检测仪插入已经通电的
单相三孔插座上，根据指示灯显示情况，
来判断该三孔插座的接线正确与否。



a) 检测仪

●□□	(按黑钮)
漏电相位检测仪动作	正确
漏电相位检测仪不动作	坏、地零错
□□●	相零错
□●□	相地错
●□●	缺地线
●●□	缺零线
●●●	缺相线

备注：□圈为灯亮 ●圈为灯灭

b) 使用方法

c) 判定方法

图 3-32 插座接线检查

3.4.3 户内配电箱及配电装置的安装

1. 户内配电箱的电气单元

户内配电箱一般由电源总闸、漏电保护装置和回路控制等 3 个功能单元构成，见

表 3-13。从电气控制逻辑上看，电源总闸、漏电保护装置、回路控制 3 个功能单元是顺序连接的，即交流 220V 电源首先接入电源总闸，通过电源总闸后进入漏电保护装置，通过漏电保护装置后分几个回路输出。

表 3-13 家庭户内配电箱的电气功能单元

功 能 单 元	说 明
电源总闸单元	该单元一般位于配电箱的最左边，采用电源总闸（隔离开关）作为控制元件，控制着入户的总电源。拉下电源总闸，即可同时切断入户的交流 220V 电源的相线和零线
漏电保护装置单元	该单元一般设置在电源总闸的右边，采用漏电断路器（漏电保护器）作为控制与保护元件。漏电断路器的开关扳手平时朝上处于“合”位置；在漏电断路器面板上有一试验按钮，供平时检验漏电断路器用。当户内线路或电器发生漏电或有人触电时，漏电断路器会迅速动作切断电源（这时可见开关扳手已朝下处于“分”位置）
回路控制单元	该单元一般设置在配电箱的中间，采用断路器作为控制元件，将电源分若干路向室内供电 对于小户型住宅（如一室一厅），可分为照明回路、插座回路和空调器回路。各个回路单独设置各自的断路器和熔断器。对于中等户型、大户型住宅，在小户型住宅回路的基础上可以考虑适当增设一些控制回路，如客厅回路、主卧室回路、次卧室回路、厨房回路、空调器 1 回路，空调器 2 回路等，一般可设置 8 个以上的回路，居室数量越多，设置的回路就越多，其目的是达到用电安全、方便

2. 安装配电箱及配电装置

配电箱及其配电装置的安装步骤及方法如下：

(1) 箱体导轨安装

导轨安装要水平，并与盖板的断路器操作孔相匹配，如图 3-33 所示。

(2) 箱体内断路器安装

1) 断路器（俗称空气开关）安装时，要注意箱盖上的断路器安装孔位置，保证断路器位置在箱盖预留位置。

2) 安装断路器时，一般是从左向右排列，断路器预留位应为一个整位，如图 3-34a 所示。预留位一般放在配电箱右侧。第一排总断路器与分断路器之间有预留一下完整的整位，用于第一排断路器配线，然后再安装第二排断路器，如图 3-34b 所示。

3) 断路器零线配线。

① 零线的颜色要采用蓝色，第一排零线配线如图 3-35 所示。

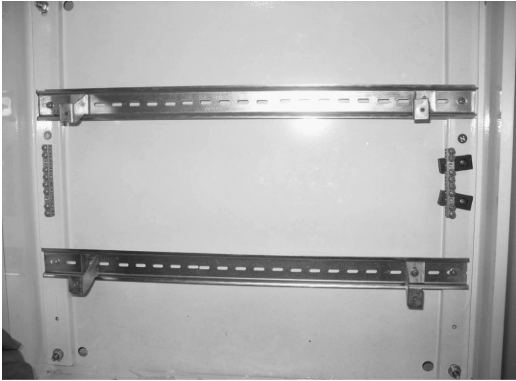


图 3-33 导轨安装

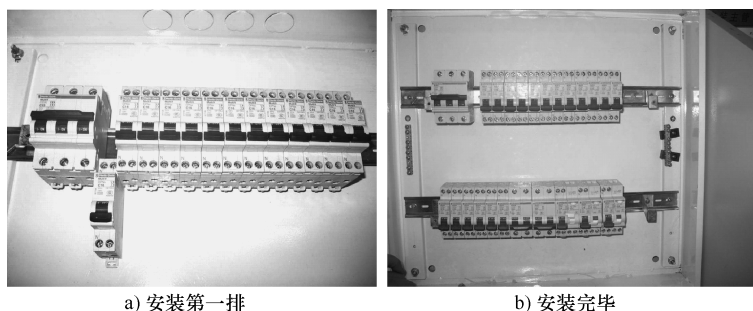


图 3-34 断路器的安装

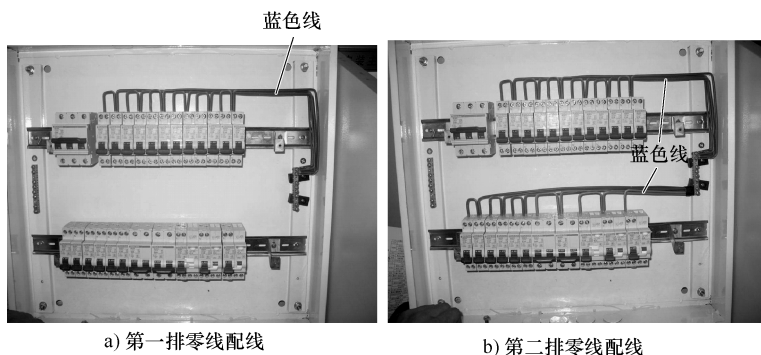


图 3-35 零线配线

② 照明及插座回路一般采用 2.5mm^2 的导线，每根导线所串联断路器数量不得大于 3 个。空调器回路一般采用 2.5mm^2 或 4.0mm^2 的导线，一根导线配一个断路器。

③ 不同相之间零线不得共用，如由 A 相配出的第一根黄色导线连接了两个 16A 的照明断路器，那么 A 相所配断路器零线也只能配这两个断路器，配完后直接接到零线接线端子上。

④ 箱体内存总断路器与各分断路器之间配线一般走左边，配电箱出线一般走右边。

⑤ 箱内配线要顺直不得有绞接现象，导线要用塑料扎带绑扎，扎带大小要合适，间距要均匀。

⑥ 导线弯曲应一致，且不得有死弯，防止损坏导线绝缘皮及内部铜芯。

4) 第一排断路器相线配线。

① A 相线为黄色线、B 相线为绿色线、C 相线为红色线，如图 3-36 所示。

② 照明及插座回路一般采用 2.5mm^2 的导线，每根导线所串联断路器数量不得大于 3 个。空调器回路一般采用 2.5mm^2 或 4.0mm^2 的导线，一根导线配一个断路器。

③ 其余与断路器零线配线的要求相同。

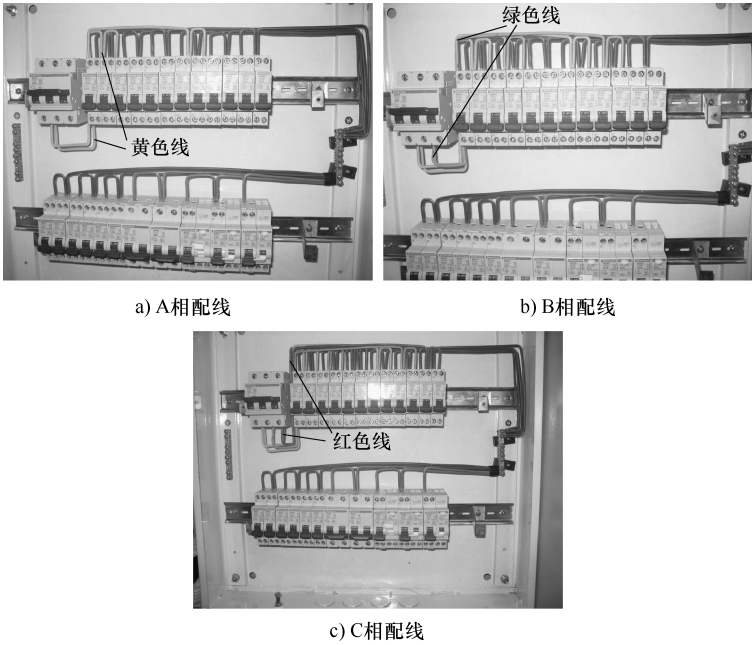


图 3-36 第一排断路器相线配线

- 5) 第二排断路器相线配线。
- ① A 相线为黄色线、B 相线为绿色线、C 相线为红色线，如图 3-37 所示。
 - ② 其余与第一排断路器相线配线的要求相同。

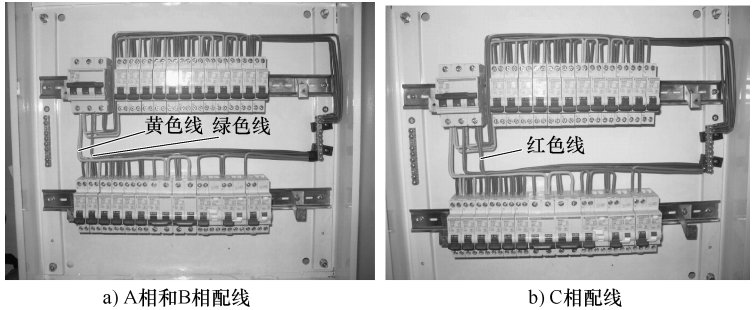


图 3-37 第二排断路器相线配线

- 6) 导线绑扎。
- ① 导线要用塑料扎带绑扎，扎带大小要合适，间距要均匀，一般为 100mm。
 - ② 扎带扎好后，不用的部分要用钳子剪掉，如图 3-38 所示。

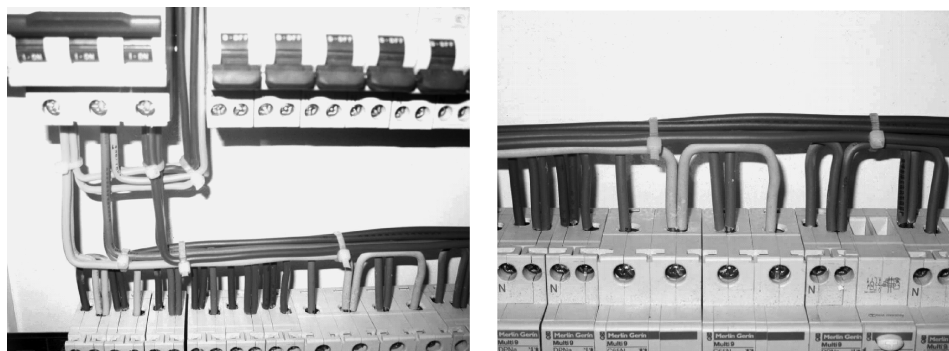


图 3-38 导线绑扎

导线接线完毕，并进行了绑扎后的最终效果如图 3-39 所示。

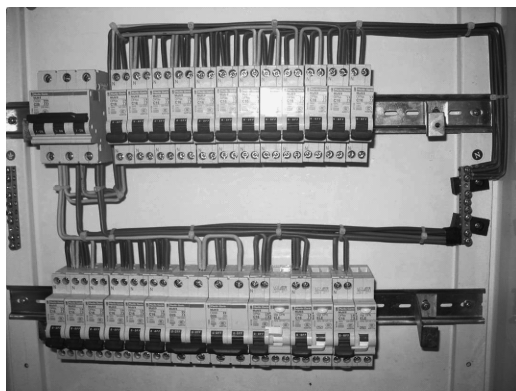


图 3-39 接线完毕并绑扎后的整体效果



指点迷津

配电线路敷设的基本原则是，要求接线时应尽量减少接头，以确保用电安全。因此，对于断路器的接线，一般要求采用“U”形不间断接入法，如图 3-40 所示。



图 3-40 接线端子的“U”形不间断接入法

3.5 户内照明灯具的安装

3.5.1 户内照明基础

1. 常用照明灯具的特点

照明灯具是将光源发出的光进行再分配的装置。灯具是灯罩及其附件的总称。
户内照明常用灯具主要有吊灯、吸顶灯、壁灯、落地灯、射灯和筒灯等，如图 3-41 所示。

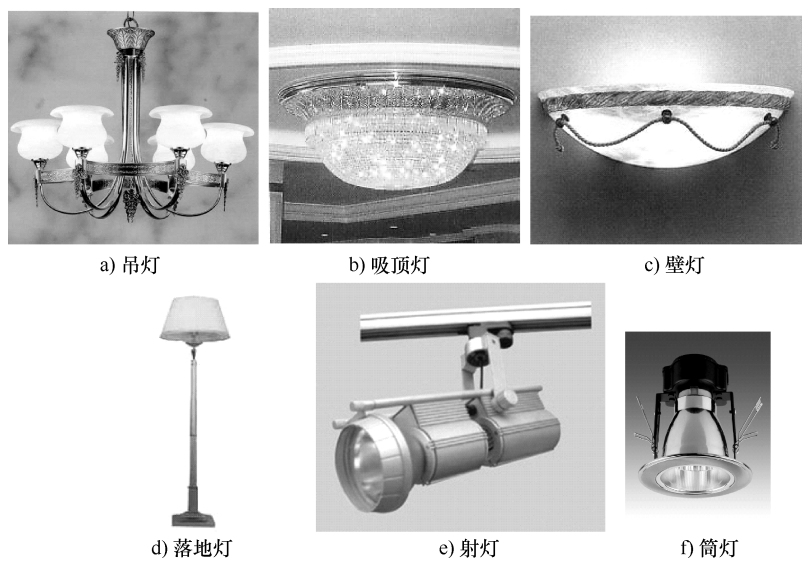


图 3-41 常用照明灯具

常用照明灯具的特点见表 3-14。

表 3-14 常用照明灯具的特点

灯 具 类 型		灯 具 的 特 点
吊 灯	欧式烛台吊灯	吊灯适合于客厅、会议室等场所。吊灯的花样最多，常用的有欧式烛台吊灯、中式吊灯、水晶吊灯、羊皮纸吊灯、时尚吊灯、锥形罩花灯、尖扁罩花灯、束腰罩花灯、五叉圆球吊灯、玉兰罩花灯、橄榄吊灯等 用于居室的有单头吊灯和多头吊灯两种。前者多用于卧室、餐厅；后者宜装在客厅里。吊灯的安装高度，其最低点距离地面应不小于 2.2m
	水晶吊灯	
	中式吊灯	
	时尚吊灯	
吸 顶 灯		吸顶灯常用的有方罩吸顶灯、圆球吸顶灯、尖扁圆吸顶灯、半圆球吸顶灯、半扁球吸顶灯、小长方罩吸顶灯等 吸顶灯适合于客厅、卧室、厨房、卫生间等处的照明。吸顶灯可直接装在天花板上，安装简易，款式简单大方，赋予空间清朗明快的感觉

(续)

灯具类型	灯具的特点
落地灯	常用作局部照明，不讲全面性，而强调移动的便利，对于角落气氛的营造十分实用。 落地灯的采光方式若是直接向下投射，适合阅读等需要精神集中的活动；若是间接照明，可以调整整体的光线变化 落地灯的灯罩下边应离地面 1.8m 以上
壁灯	适合于卧室、卫生间的照明。常用的有双头玉兰壁灯、双头橄榄壁灯、双头鼓形壁灯、双头花边杯壁灯、玉柱壁灯、镜前壁灯等 壁灯的安装高度，其灯泡应离地面不小于 1.8m
台灯	台灯按材质分陶灯、木灯、铁艺灯、铜灯等；按功能分护眼台灯、装饰台灯、工作台灯等；按光源分灯泡、插拔灯管、灯珠台灯等

2. 户内照明灯具安装的技术要求

1) 安装照明灯具的最基本要求是必须牢固、平整、美观。

2) 安装壁灯、床头灯、台灯、落地灯、镜前灯等灯具时，灯具的金属外壳均应接地，以保证使用安全。

3) 卫生间及厨房安装矮脚灯头时，宜采用瓷螺口矮脚灯头座。螺口灯头接线时，相线（开关线）应接在中心触点端子上，零线接在螺纹端子上。

4) 在装饰吊顶安装各类灯具时，应按灯具安装说明的要求进行安装。灯具重量大于 3kg 时，应采用预埋吊钩或从屋顶用膨胀螺栓直接固定支吊架安装（不能用吊平顶或吊龙骨支架安装灯具）。从灯头箱盒引出的导线应用软管保护至灯位，防止导线裸露在平顶内。

5) 同一场所安装成排灯具一定要先弹线定位，再进行安装，中心偏差应不大于 2mm。要求成排灯具横平竖直，高低一致；若采用吊链安装，吊链要平行，灯脚要在同一条线上。

6) 灯具安装过程中，要保证不得污染或损坏已装修完毕的墙面、顶棚、地板。

3. 照明灯具安装施工流程

安装灯具应在屋顶和墙面喷浆、油漆或壁纸等及地面清理工作基本完成后，才能进行。

户内照明灯具安装工艺流程如下：灯具检查→灯具组装→固定灯具和接线→灯具试亮。

(1) 灯具检查

安装前的灯具检查工作主要有：根据装箱单清点安装配件，检查灯具外观是否正常，有无刮擦、变形、金属脱落、腐蚀等现象。

(2) 组装灯具

按照安装说明书，进行组装灯具的各个部件。灯内穿线的长度应适宜，多股软线线头应搪锡，应注意统一配线颜色，便于区分火线与零线。理顺灯内线路。

(3) 固定灯具和接线

将电源线留足维修长度后，剪除余线并剥出线头，将线头与灯座接线柱连接后，固定好灯罩及其附件。

(4) 灯具试亮

接通电源开关，测试灯泡能否点亮。

3.5.2 常用灯具的安装

1. 常用灯具的固定方法

(1) 吊灯

吊灯安装在混凝土吊顶上时，可采用预埋铁件、膨胀螺栓紧固。安装时可视灯具的主题和重量来决定所采用胀管螺栓的规格，但最小不宜小于 M6，多头吊灯不宜小于 M8，螺栓数量至少要少 2 枚。

(2) 吸顶灯

吸顶灯的灯具底座可以用膨胀螺栓紧固。如果灯座底座直径超过 100mm，必须使用 2 枚膨胀螺栓。灯具底座安装如果采用预埋螺栓、其螺栓直径不得小于 6mm。灯具在底台上固定可采用木螺丝，木螺丝的数量不应少于灯具给定的安装孔数。

(3) 壁灯

壁灯安装时，可以用灯位盒的安装螺孔旋入螺钉来固定，也可以在墙面上打孔、预埋塑料胀管螺钉来固定。壁灯底座螺丝一般不少于 2 枚。壁灯的安装高度，一般灯具中心距地面 2 ~ 2.2m，床头安装的壁灯以 1.2 ~ 1.4m 为宜。

(4) 筒灯

筒灯是嵌入式灯具，适用于安装在吊顶上。

在灯具筒体对称的两侧各有一只卡簧，作为固定筒灯的装置。调整筒灯固定弹簧片的蝶形螺母，可以使弹簧片的高度与吊顶厚度相同。

2. 安装吸顶灯

吸顶灯可直接装在天花板上，安装简易，款式简单大方，可赋予空间清朗明快的感觉。常用的吸顶灯有方罩吸顶灯、圆球吸顶灯、尖扁圆吸顶灯、半圆球吸顶灯、半扁球吸顶灯、小长方罩吸顶灯等，其安装方法基本相同。

1) 钻孔和固定挂板。对现浇的混凝土实心楼板，可直接用电锤钻孔，打入膨胀螺丝，用来固定挂板，如图 3-42 所示。固定挂板时，在木螺丝往膨胀螺丝里面上的时候，不要一边完全上进去了才固定另一边，那样容易导致另一边的孔位置对不齐，正确的方法是粗略固定好一边，使其不会偏移，然后固定另一边，两边要同时进行，交替进行。

注意：为了保证使用安全，当在砖石结构中安装吸顶灯时，应采用预埋吊钩、螺栓、螺钉、膨胀螺栓、尼龙塞或塑料塞固定。严禁使用木楔。

2) 拆开包装，先把吸顶盘接线柱上自带的一点线头去掉，并把灯管取出来，如图 3-43 所示。

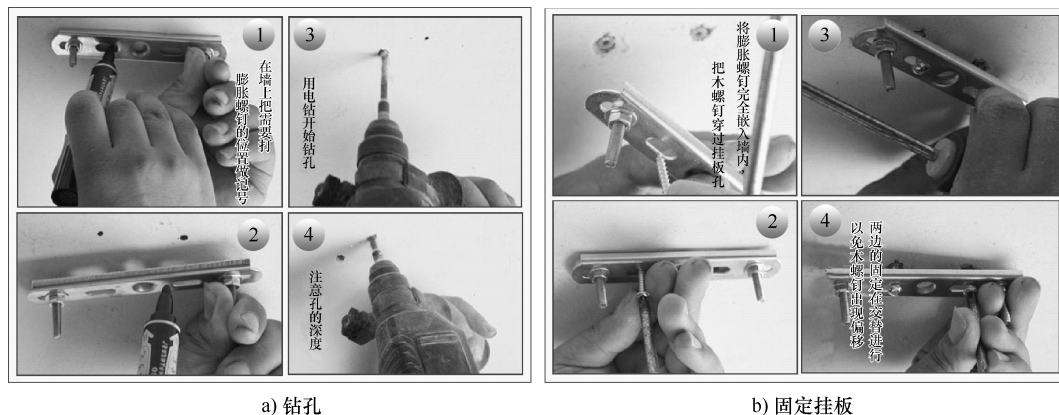


图 3-42 钻孔和固定挂板

3) 将 220V 的相线（从开关引出）和零线连接在接线柱上，与灯具引出线相接，如图 3-44 所示。有的吸顶灯的吸顶盘上没有设计接线柱，可将电源线与灯具引出线连接，并用黄蜡带包紧，外加包黑胶布。将接头放到吸顶盘内。



图 3-43 拆除吸顶盘接线柱上的连线并取下灯管



图 3-44 在接线柱上接线

4) 将吸顶盘的孔对准吊板的螺丝，将吸顶盘及灯座固定在天花板上，如图 3-45 所示。

5) 按说明书依次装上灯具的配件和装饰物。

6) 插入灯泡或安装灯管（这时可以试下灯是否能点亮）。

7) 把灯罩盖好，如图 3-46 所示。

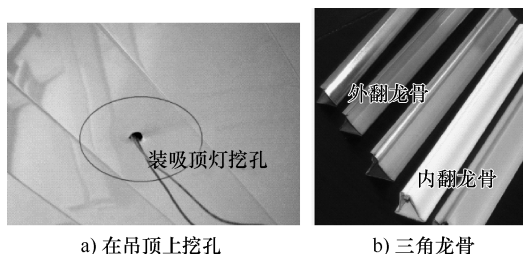


图 3-45 固定吸顶盘和灯体



图 3-46 安装灯罩

如果在厨房、卫生间的吊顶上安装嵌入式吸顶灯，先要按实际安装位置在扣板上打孔，将电线引过来，如图 3-47a 所示。此外，还应在吊顶内安装三角龙骨，常见三角龙骨中两种，如图 3-47b 所示一种为内翻边龙骨，一种为外翻边龙骨。相比之下，内翻龙骨更有优势，其使三角龙骨上与吊筋连接，下与灯具上的支承架连接，这样做既安全又保证位置准确，便于用弹簧卡子固定吸顶盘。注意处理好吸顶灯与吊顶面板的交接处，一般吸顶灯的边缘应盖住吊顶面板，否则影响美观。



a) 在吊顶上挖孔

b) 三角龙骨

图 3-47 在吊顶上挖孔和三角龙骨



指点迷津

吸顶灯安装的注意事项如下：

- 1) 吸顶灯不可直接安装在可燃的物件上。如果灯具表面高温部位靠近可燃物时，要采取隔热或散热措施。
- 2) 引向吸顶灯每个灯具的导线线芯的截面积，铜芯软线不小于 0.4mm^2 ，否则引线必须更换。导线与灯头的连接、灯头间并联导线的连接要牢固，电气接触应良好，以免由于接触不良，在导线与接线端之间产生火花，而发生危险。
- 3) 如果吸顶灯中使用的是螺口灯头，则其相线应接在灯座中心触点的端子上，零线应接在螺纹的端子上。灯座的绝缘外壳不应有破损和漏电，以防更换灯泡时触电。

4) 与吸顶灯电源进线连接的两个线头，电气接触应良好，还要分别用黑胶布包好，并保持一定的距离，如果有可能，应尽量不将两线头放在同一块金属片下，以免短路，发生危险。

3.6 照明线路及装置的故障检修

3.6.1 照明线路的常见故障分析

照明电路可能发生的故障主要有短路、断路和漏电，其故障分析与检修的思路见表3-15。

表 3-15 照明电路常见分析与检修

故障类型	故障现象	故障原因	检修思路
短路	线路电流很大，刀闸熔丝迅速熔断，此时电路断电。若熔丝选择太粗，则会烧毁导线，甚至引起火灾	(1) 接线错误，导致相线与中性线相碰接 (2) 因导线绝缘层损坏，在损坏处碰线或接地 (3) 用电器具内部有短路故障 (4) 灯头内部松动致使金属片相碰短路 (5) 灯头进水	检修时，可用万用表的电阻挡在断电情况下进行电路分段、分区域检测，找出短路点。也可利用试灯来检查短路故障，一般按以下步骤进行： (1) 首先将故障分支线路上的所有灯开关断开，并拔下插头，取下插座熔断器；然后将试灯接在该分支线路总熔断器的两端（应取下熔断器的熔体），串接在被测线路上，随后合闸送电。如果试灯不发光，说明线路正常（应对每一只灯、每一个插座进行检查）；如果试灯正常发光，说明该线路存在短路故障，要先找到故障点排除该线路故障，再对每一只灯、每一个插座进行检查 (2) 检查每一只灯时，可依次将每只灯的开关合上，每合一个开关都要观察试灯（试灯的功率与被检查灯的功率应相差不大）是否能正常发光（试灯接在总熔断器处）。当合上某只灯的开关时，若试灯发光，则说明故障存在于该灯上，可断电进一步检查。如果试灯不发光，则说明故障不在该灯上，可检查下一只灯，直至查出故障点为止 插座短路故障也可以按照上述方法检查

(续)

故障类型	故障现象	故障原因	检修思路
断路	电路中无电压， 照明灯不亮，用电 器具不能工作	(1) 熔丝熔断 (2) 导线断线 (3) 线头松脱 (4) 开关损坏 (5) 导线接头锈蚀	照明电路开路故障可分为全部开路、局部开路和个别开路3种 (1) 全部开路。这类故障主要发生在干线上，配电和计量装置中以及进户装置的范围内。通常，首先应依次检查上述部分每个接头的连接处（包括熔体接线桩），一般以线头脱离连接处这一故障最为常见；其次，检查各线路开关动、静触头的分合情况 (2) 局部开路。这类故障主要发生在分支线路范围内。一般先检查每个线头的连接处，然后检查分路开关。如果分路导线截面较小或是铝导线，则应考虑芯线可能断裂在绝缘层内而造成局部开路 (3) 个别开路。这类故障一般局限于接线盒、灯座、灯开关，以及它们之间的连接导线的范围内。通常，可分别检查每个接头的连接处，以及灯座、灯开关和插座等部件的触点的接触情况（对于荧光灯，则应检查每个元器件的连接情况）
漏电	漏电时，当月用电量会增多，人接触漏电处则会感到发麻甚至会触电。测绝缘电阻时线路的阻值会变小	(1) 绝缘导线受潮、污染 (2) 电线及电气设备的绝缘已老化	漏电与短路的本质相同，只是事故发展程度不同而已，严重的漏电可能造成短路 (1) 判断是否确漏电。用绝缘电阻表测量其绝缘电阻，若电阻值偏小说明线路漏电。也可在电源总开关上串联一只电流表，然后取下所有灯泡，再接通全部开关，若电流表指针摆动，则表明线路漏电 (2) 判断是相线与中性线间漏电，还是相线与大地间漏电，或两者兼而有之。方法是切断中性线，若电流表指示不变，则是相线与大地间漏电；若电流表指示为零，是相线与中性线间漏电；电流表指示变小但不为零，则表示两种情况都存在 (3) 确定漏电范围。取下分路熔断器或拉开隔离开关，若电流表指示不变，则是总线漏电；若电流表指示为零，则是分路漏电；若电流表指示变小但不为零，则表明总线、分线都有漏电 (4) 找出漏电点。经上述检查后，再依次断开该线路灯具的开关，当断开某一开关时，电流表指示为零，则是该分支线漏电；若变小则说明除这一分支线漏电外，还有别处漏电；若所有的灯具开关都断开后，电流表仍指示不变，则说明该段干线漏电。依次把事故范围缩小，便可进一步检查该段线路的接头，以及导线穿墙处等地点是否漏电。找到漏电点后，应及时消除漏电故障

3.6.2 照明线路检修的常用方法

为了能迅速准确地诊断故障，表 3-16 列出了几种常用的照明电路检修方法。

表 3-16 检修照明电路故障的常用方法

检 修 方 法	操 作 说 明
询问用户法	在检修线路故障之前，不要忙于通电，应向用户询问、了解故障线路或设备的使用情况、故障现象以及故障产生和发展的过程、是否曾经请人检修。必要时，可要求用户提供布线图，维修人员根据用户口头描述的情况和提供的技术资料进行综合分析，可以减少误判、错判，使检修故障的效率大大提高
直观检查法	不借助仪器和仪表，仅凭眼睛或其他感觉器官，即眼（看）、耳（听）、鼻（闻）、手（拨和摸），以及螺钉旋具、验电笔等工具对电气线路进行外表检查，从而发现损坏部位或故障原因 眼（看）——在不通电的情况下，用眼观察线路、线头、开关、插座、熔断器、漏电保护器等有无异常情况（如电线颜色发生异常变化、线路烧坏，断路器跳闸，插座破裂，接头松动，熔断器熔断，灯光闪闪、灯泡损坏等）；然后通电，观察线路或设备相关处有无冒烟、打火等异常现象 耳（听）——通电后，仔细听有无异常声音，如线路接头处有无打火声 手（摸、拨、拉）——轻拉线路或用电器的连线，凭手感判断其接触是否牢固，松紧程度是否正常 鼻（闻）——鼻闻线路或用电器有无焦味或其他怪味出现，找出发出气味的部位或元件（零件、接线）
清洁检查法	对于明敷设的照明电路，经长期使用以后，由于线路或设备（开关、插座、用电器等）表面灰尘较多，很容易受潮，从而造成了种种特殊的软性故障。检修时可首先刷净线路或设备上各部位的灰尘，并对受潮处进行去污处理，许多疑难故障有时便会被迅速排除
电笔检查法	验电笔是检修照明电路故障最常用、最方便的工具，借助于验电笔可快速检查线路和设备有电、无电、漏电。使用感应式验电笔的断点测试功能，可以检查暗敷在墙壁内的线路是否有断路故障
分段检查法	户内照明电路可分为若干个支路（如客厅、厨房、卧室等），当某一局部线路出现短路性故障时，可以将其中的一部分支路断开，再借助于万用表等仪器测量电压、电阻或电流，以此来判断故障。若断开某一支路后，总电流立即下降，则表明故障就在这一支路中；否则再逐一断开其他支路，最后总能找到故障所在
试灯检查法	照明线路如出现短路或接地故障，总开关会跳闸或烧断熔断器。此时可关掉全部照明开关，用一只 100W/220V 的白炽灯作为试灯（也称为检验灯），分别串联在各支路的熔断器（或空气开关）的相线（火线）上，合上总开关。此时，试灯会出现以下两种情况：①不亮或很暗、稍暗；②达到 100W 的正常亮度。其中，第一种情况说明此分路正常；第二种情况说明此分路内有短路故障

(续)

检修方法	操作说明
试灯检查法	对于检验灯不亮或很暗、稍暗的情况，只说明是线路暂时无短路情况，还应继续把这一分路的开关逐一合上，同时观察试灯的亮度变化。其还有可能出现以下几种情况：①当合上某一开关时，试灯突然发出正常亮度，在重复几次之后都是如此。这说明所闭合的开关至所控制的灯之间的开关线（相线进开关后引向灯头的线）有故障。此时，应先查开关是否碰壳或错接；如果正常，则大多数是因为灯头内开关线和灯头线（中性线引至灯头的一根线）碰线所致。尤其是螺口灯头中的中心点（小舌头）碰到了与螺口金属相连的部分。排除后，合上这一分路的全部开关均无异常，则可拆去试灯。②当分路上所有开关都合上，试灯也不闪亮，即无短路情况。这时拆去检验灯装上熔断器送电，而分路内电灯都不亮，说明该分路内有断路故障。断路故障有两种：一是相线断路，表现为断线后的导线均无电；二是零线断路，表现是断线后面的中性线均呈带电。处理方法是查找第一个不亮的灯位，查出后予以排除，直至正常。③当分路所有开关都合上，试灯逐渐增亮但未达到正常亮度。这时拆去试灯装上熔断器送电，分路内只有部分电灯亮，而有部分电灯不亮。说明线路无短路和断路故障，不亮电灯的故障在灯具中，可按有关灯具的各类故障排除方法维修 对于低压电缆或架空线路的相间击穿或接地故障，也可采用类似的方法查找

第 4 章

常用高低压电器应用技能

国际上公认的高低压电器的分界线交流是 1kV（直流则为 1500V）。额定电压在交流 1kV 以上的为高压电器；1kV 及以下的为低压电器。

高压电器是在高压线路中用来实现关合、开断、保护、控制、调节、量测的设备。电力系统中使用的高压电器比较多，按用途和功能可分为开关电器、限制电器、变换电器和组合电器。

低压电器是在低压线路及各种用电场合中能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电器或设备。低压电器可分为配电电器和控制电器两大类。常用的低压配电电器有刀开关、转换开关、熔断器、断路器和低压变压器等。常用的低压控制电器主要有交流接触器、继电器等。

4.1 常用低压电器的应用

4.1.1 刀开关

1. 刀开关的种类、结构及型号

常用的刀开关主要有开启式开关熔断器组（旧称胶盖闸刀）和封闭式开关熔断器组（旧称铁壳开关）两种，其结构如图 4-1 所示。

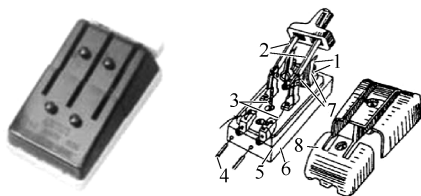
刀开关在分断有负载的电路时，其触刀与插座之间会产生电弧。为此采用速断刀刀的结构，使触刀迅速拉开，加快分断速度，保护触刀不致被电弧灼伤。对于大电流刀开关，为了防止各极之间发生电弧闪烁，导致电源相间短路，刀开关各极间设有绝缘隔板，有的还设有灭弧罩。

刀开关的型号如图 4-2 所示。

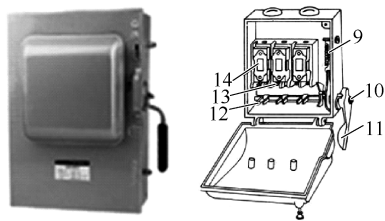
2. 刀开关的作用

(1) 开启式开关熔断器组的作用

开启式开关熔断器组留有安装熔断器的位置，其短路分断能力由安装的熔断器的分断能力



a) 开启式开关熔断器组



b) 封闭式开关熔断器组

图 4-1 刀开关的结构

- 1—电源进线座 2—动触头 3—熔丝 4—负载线
5—负载接线座 6—瓷底座 7—静触头 8—胶木片
9—速断弹簧 10—转轴 11—手柄
12—闸刀 13—夹座 14—熔断器

决定。此时，它具有一定的短路保护作用。开启式开关熔断器组主要有以下两个方面的用途：

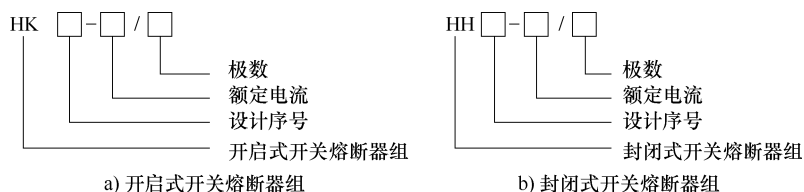


图 4-2 刀开关的型号

1) 在电压为 220V 或 380V、电流在 60A 以下的交流低压电路，以及不频繁接通和分断的电路中，作为控制开关。

2) 用于将电路与电源隔离，作为线路或设备的电源总闸（如对照明、电热负载及小功率电动机等电路的控制）。

(2) 封闭式开关熔断器组的作用

封闭式开关熔断器组适用于不频繁的接通和分断负载的电路，并能作为线路末端的短路保护，也可用来控制 15kW 以下交流电动机的不频繁直接起动及停止。

封闭式开关熔断器组设置了联锁装置（即外壳门机械闭锁），开关在合闸状态时，箱盖外壳门不能打开；在箱盖打开时，开关无法接通，以确保操作安全。



指点迷津

近年来，使用刀开关的场所正在减少，逐渐被低压断路器替代。但是，在一些大电流、大功率且要求有明显断开点的地方（例如动力开关柜），还是需要刀开关的。

3. 刀开关的选择

(1) 刀开关的额定电压

刀开关的额定电压应大于或等于线路工作电压。

(2) 刀开关的极数

刀开关的极数应与控制支路数相同。

(3) 电流的选择

用于照明、电热电路时，刀开关的额定电流应略大于线路的工作电流；用于控制电动机时，其额定电流应等于线路工作电流的 3 倍。



指点迷津

对于 60A 以下的封闭式开关熔断器组采用半封闭瓷插式熔断器，100A 以上等级的封闭式开关熔断器组采用有填料的管式熔断器。

4. 开启式开关熔断器组的安装

1) 开启式开关熔断器组应垂直安装在开关板或条架上,使静触头位于上方,不得倒装。即“手柄向上为合闸,向下为断闸”,如图4-3所示。否则,在分断状态下,若出现刀开关松动脱落,会造成误接通,引起安全事故。只有在刀开关不用作切断电流时,可以水平安装。

2) 开启式开关熔断器组接线时,电源进线应接在刀座上端(即静触头接线柱),负载引线接在下方(即负荷侧接线柱),熔断器接在负载侧。否则,在更换熔丝时会发生触电事故。

3) 接线时螺钉应拧紧,保证接线柱与电线良好的电接触,否则使用时会引起过热,影响正常运行。

4) 开启式开关熔断器组距地面的高度为1.3~1.5m,在有行人通过的地方,应加装防护罩。同时,刀开关在接线、拆线和更换熔断器时,应首先断电。



图4-3 开启式开关熔断器组安装示例

5. 封闭式开关熔断器组的安装

1) 先预埋紧固件,将配电板固定在墙壁上;然后将封闭式开关熔断器组固定在配电板上。

2) 封闭式开关熔断器组必须垂直安装,离地面的高度不低于1.3~1.5m,并以操作方便和安全为原则,如图4-4所示。

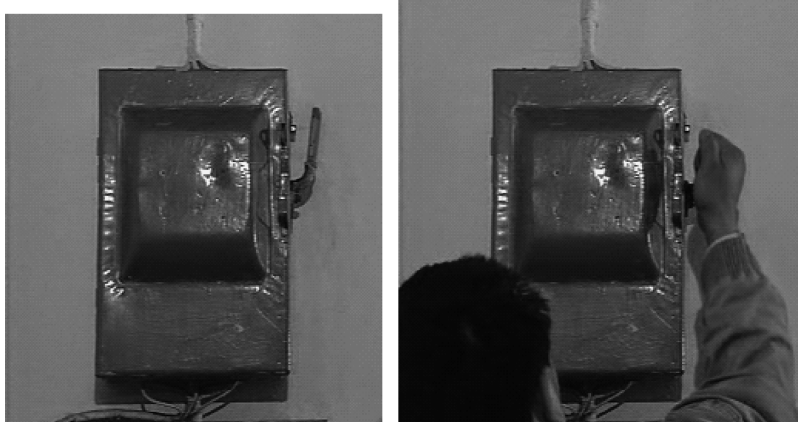


图4-4 封闭式开关熔断器组的安装

3) 接线时,电源进出线应分别穿入封闭式开关熔断器组的进出线孔。100A以下的封闭式开关熔断器组电源进线接其下接线桩,出线接其上接线桩。100A以上的封闭式开关

熔断器组接线与此相反。

4) 封闭式开关熔断器组的外壳一定要可靠接地。

6. 封闭式开关熔断器组常见故障的处理

封闭式开关熔断器组常见故障及处理方法见表 4-1 所示。

表 4-1 封闭式开关熔断器组常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
合闸后有一相或两相没电	(1) 底座弹性消失或开口过大 (2) 熔丝熔断或接触不良 (3) 底座、动触头氧化或有污垢 (4) 电源进线或出线头氧化	(1) 更换底座 (2) 更换熔丝 (3) 清洁底座或动触头 (4) 检查进出线头
动触头或底座过热或烧坏	(1) 开关容量太小 (2) 分、合闸时动作太慢造成电弧过大, 烧坏触头 (3) 底座表面烧毛 (4) 动触头与底座压力不足 (5) 负载过大	(1) 更换较大容量的开关 (2) 改进操作方法 (3) 用细锉刀修整 (4) 调整底座压力 (5) 减轻负载或调换较大容量的开关
操作手柄带电	(1) 外壳接地线接触不良 (2) 电源线绝缘损坏碰壳	(1) 检查接地线 (2) 更换导线

🔧 胶盖闸刀应用口诀 🗒️

胶盖闸刀较普及, 照明动力均常用。
内有熔丝作保护, 外有胶盖灭电弧。
电源进线接上端, 负载引线接下方。
接线螺钉应拧紧, 开关距地一米五。
垂直安装保安全, 手柄向上为合闸。
合闸断闸侧站立, 正对操作有危险。
接线、拆线换熔体, 首先断电保安全。

4.1.2 低压断路器

1. 低压断路器的作用

低压断路器俗称自动空气开关或空气开关, 是一种不仅可以接通和分断正常负荷电流和过负荷电流, 还可以接通和分断短路电流的开关电器。

低压断路器容量范围很大, 最小为 4A, 而最大可达 5000A。低压断路器广泛应用于低压配电系统的各级馈出线, 各种机械设备的电源控制以及用电终端的控制和保护。

低压断路器在电路中除起开关控制作用外，还具有一定的保护功能，如过负荷、短路、欠电压和漏电保护等。

低压断路器可用于不频繁地起动的电动机或接通、分断电路。

2. 低压断路器的分类

低压断路器的分类方式很多，见表 4-2。

表 4-2 低压断路器的分类

分类方法	种 类	说 明
按使用类别分	选择型	保护装置参数可调
	非选择型	保护装置参数不可调
按灭弧介质分	有空气式和真空式	目前国产多为空气式断路器
按结构分	框架式	大容量断路器多采用框架式结构
	塑料外壳式	小容量断路器多采用塑料外壳式结构
按用途分	导线保护用断路器	主要用于照明线路和保护家用电器，额定电流为 6 ~ 125 A
	配电用断路器	在低压配电系统中作过载、短路、欠电压保护之用，也可用作电路的不频繁操作，额定电流一般为 200 ~ 4000 A
	电动机保护用断路器	在不频繁操作场合，用于操作和保护电动机，额定电流一般为 6 ~ 63 A
	漏电保护断路器	主要用于防止漏电，保护人身安全，额定电流多在 63 A 以下
按性能分	普通式	—
	限流式	一般具有特殊结构的触头系统

3. 低压断路器的选用

选用低压断路器，一般应遵循以下 4 个原则：

1) 额定电压和额定电流应不小于电路正常工作电压和工作电流。

① 用于控制照明电路时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流通常应为负载电流的 6 倍。

② 用于电动机保护时，塑壳式断路器电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应为电动机起动电流的 1.7 倍；框架式断路器的整定电流应为电动机起动电流的 1.35 倍。

③ 用于分断或接通电路时，其额定电流和热脱扣器整定电流均应等于或大于电路中负载的额定电流之和。

④ 选用断路器作为多台电动机的短路保护时，电磁脱扣器整定电流为容量最大的一台电动机起动电流的 1.3 倍加上其余电动机额定电流之和。

2) 热脱扣器的整定电流要与所控制负载的额定电流一致，否则应进行人工调节，如 4-5 所示。

3) 选用低压断路器时，在类型、等级、规格等方面要配合上、下级开关的保护特性，不允许因本级保护失灵导致越级跳闸，扩大停电范围。

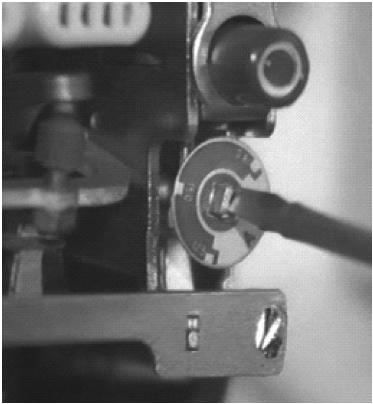


图 4-5 调节整定电流

4. 低压断路器的检测

检测低压断路器时，可以用万用表 $R \times 10$ 挡测量其各组开关的电阻值来判断其是否正常，如图 4-6 所示。

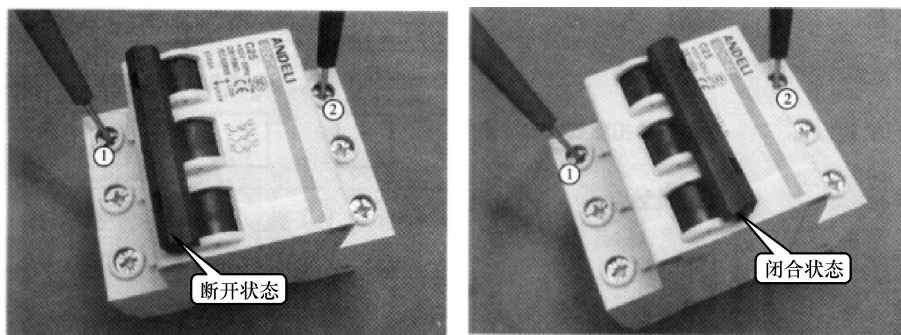


图 4-6 万用表检测低压断路器

若测得低压断路器的各组开关在断开状态下，其阻值均为无穷大，在闭合状态下，均为零，则表明该低压断路器正常；若测得低压断路器的开关在断开状态下，其阻值为零，则表明低压断路器内部触头粘连损坏；若测得低压断路器的开关在闭合状态下，其阻值为无穷大，则表明低压断路器内部触头断路损坏；若测得低压断路器内部的各组开关，有任何一组损坏，均说明该低压断路器损坏。

5. 低压断路器的安装

1) 低压断路器一般应垂直安装，其倾斜度不应大于 5° ，操作手柄及传动杠杆的开、合位置应正确，如图 4-7 所示。对于有半导体脱扣装置的低压断路器，其接线应符合相序要求，脱扣装置动作应可靠。直流快速低压断路器的极间中心距离及开关与相邻设备或建筑物的距离不应该小于 500mm，若小于 500mm，应加装隔弧板，隔弧板高度应不小于单极开关的总高度。

2) 安装时，对触头的压力、开距及分断时间等应进行检查，并应符合出厂技术条件。对脱扣装置必须按照设计要求进行校验，在短路或者模拟短路的情况下合闸时，脱扣装置应能够立即自动脱扣。

3) 低压断路器与熔断器配合使用



图 4-7 低压断路器的安装

时，熔断器应安装在电源侧。

4.1.3 组合开关

1. 组合开关的结构

组合开关又称为转换开关，它由装在同一转轴上的多个单极旋转开关叠装在一起组成，其结构如图 4-8 所示。当转动手柄时，动触头即插入相应的静触头中，使电路接通。

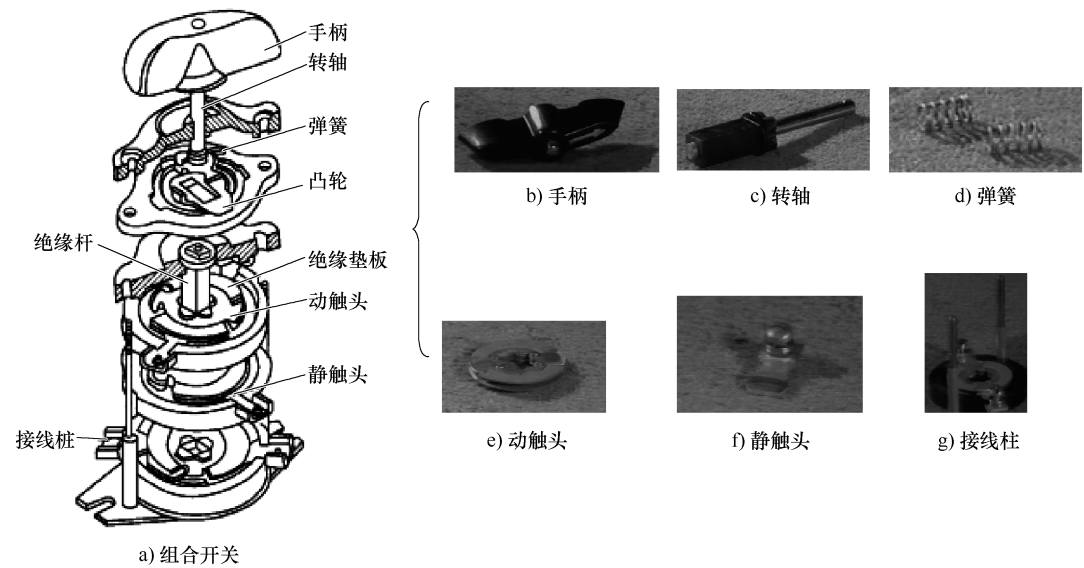


图 4-8 组合开关的结构

图 4-8 所示的组合开关内部有 3 对静触头，分别用 3 层绝缘板相隔，各自附有连接线路的接线桩，3 个动触头互相绝缘，与各自的静触头对应，套在共同的绝缘杆上。绝缘杆的一端装有操作手柄，手柄每次转动 90° 角，即可完成 3 组触头之间的开合或切换。开关内装有速断弹簧，用来加速开关的分断速度，如图 4-9 所示。

组合开关手柄的操作位置是以角度来表示的，不同型号的组合开关，其手柄有不同的操作位置，如图 4-10 所示。

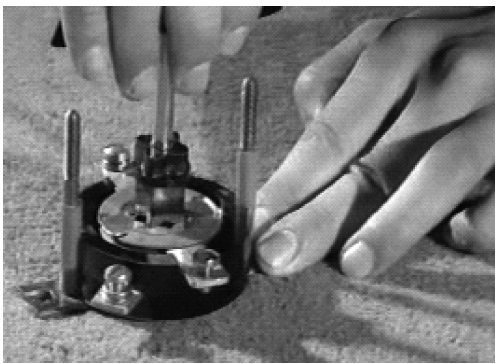


图 4-9 手柄转动带动动触头转动

2. 组合开关的符号

根据组合开关在电路中的不同作用，组合开关图形与文字符号有两种。

1) 当在电路中用作隔离开关时，其图形符号如图 4-11 所示。其文字标注符为 QS，

有单极、双极和三极之分，机床电气控制线路中一般采用三极组合开关。



图 4-10 组合开关手柄的操作位置

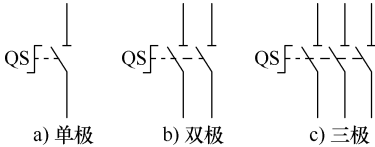


图 4-11 组合开关作隔离开关时的图形文字符号

2) 组合开关作转换开关使用时的图形符号如图 4-12 所示，图中是一个三极组合开关，图中 I 与 II 分别表示组合开关手柄转动的两个操作位置，I 位置线上的 3 个空点右方画了 3 个黑点，表示当手柄转动到 I 位置时，L1、L2 与 L3 支路线分别与 U、V、W 支路线接通；而 II 位置线上 3 个空点右方没有相应黑点，表示当手柄转动到 II 位置时，L1、L2 与 L3 支路线与 U、V、W 支路线处于断开状态。文字标注符号为 SA。

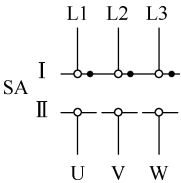


图 4-12 组合开关作转换开关时的图形文字符号

3. 组合开关的作用

组合开关经常作为转换开关使用，但在电气控制线路中也可作为隔离开关使用，可以不频繁接通和分断电气控制线路。组合开关体积小、接线方式多，使用非常方便，在机床电气和其他电气设备中使用广泛。

- 1) 组合开关适用于交流 380V 以下及直流 220V 以下的电器线路中，供手动不频繁的接通和断开电路、转换电源和负载。
- 2) 用于控制 5kW 以下的小容量交、直流电动机的正反转、星—三角起动和变速换向等。
- 3) 组合开关可使控制电路或测量电路线路简化，可在一定程度上避免操作上的失误和差错。

4. 组合开关的选用

- 1) 组合开关用作隔离开关时, 其额定电流应为低于被隔离电路中各负载电流的总和。
- 2) 组合开关用于控制电动机时, 其额定电流一般取电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍。每小时切换次数不宜超过 15 ~ 20 次。
- 3) 组合开关用于控制电动机正、反转, 在从正转切换到反转的过程中, 必须先经过停止位置, 待电动机停转后, 再切换到反转位置。
- 4) 应根据电气控制线路中实际需要, 确定组合开关接线方式, 正确选择符合接线要求的组合开关规格。

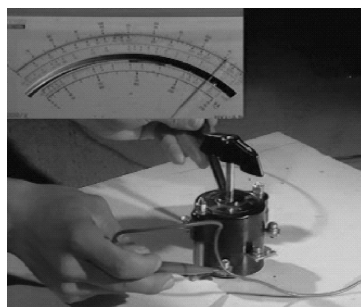


指点迷津

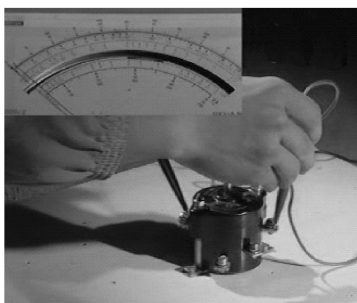
组合开关本身不带过载和短路保护装置, 在它所控制的电路中, 必须另外加装保护设备, 才能保证电路和设备安全。如果组合开关控制的用电设备功率因数较低时, 应按容量等级降低使用, 以利于延长其使用寿命。

5. 组合开关的检测

组合开关内部触头的好坏可以用万用表来检测。一般选择万用表的 $R \times 10$ 挡, 用两表笔分别测量组合开关的每一对触头, 若电阻值为零或很小, 说明内部触头接触良好 (见图 4-13a); 如果电阻值很大甚至为无穷大, 则说明该对触头有问题 (见图 4-13b)。测量完一对触头后, 转动手柄, 再测量另一对触头, 直至全部测量完毕。



a) 触头接触良好



b) 触头接触不良

图 4-13 组合开关的检测

6. 组合开关的安装

在机床电气设备上, 组合开关多作为电源开关, 一般不带负载, 作空载断开电源或维修切断电源用。

- 1) 组合开关应安装在控制箱内, 其操作手柄最好是在控制箱的前面或侧面, 水平旋转位置为断开位状态, 如图 4-14 所示。

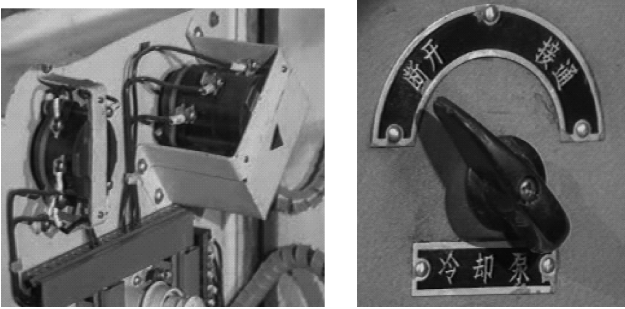


图 4-14 组合开关的安装

2) 在安装时，应按照规定接线，并将组合开关的固定螺母拧紧。

7. 组合开关常见故障处理

组合开关的常见故障及维修方法见表 4-3。

表 4-3 组合开关的常见故障及维修方法

故障现象	产生原因	维修方法
手柄转动后，内部触头不动作	(1) 手柄的转动连接部件磨损 (2) 操作机构损坏 (3) 绝缘杆变形 (4) 轴与绝缘杆装配不紧	(1) 调换手柄 (2) 修理操作机构 (3) 更换绝缘杆 (4) 紧固轴与绝缘杆
手柄转动后，触头不能同时接通或断开	(1) 开关型号不对 (2) 修理开关时触头装配不正确 (3) 触头失去弹性或有脏污	(1) 更换开关 (2) 重新装配 (3) 更换触头或清除污垢
开关接线柱相间短路	因铁屑或油污附在接线柱间造成导电，将胶木烧焦或绝缘破坏形成短路	清扫开关或调换开关

4.1.4 低压熔断器

1. 熔断器的作用

低压熔断器俗称保险丝，广泛应用于低压配电系统和控制系统以及用电设备中，作为短路和过电流的保护器，是应用最普遍的保护器件之一。

熔断器串联在电路中，在系统正常工作时，低压熔断器相当于一根导线，起接通电路的作用。当通过低压熔断器的电流大于其标称电流一定比例时，熔断器内的熔断材料（或熔丝）发热，经过一定时间后自动熔断，以保护线路，避免发生较大范围的损害。

熔断器可以用做仪器仪表及线路装置的过载保护和短路保护。



指点迷津

熔断器多数为不可恢复性产品（可恢复熔断器除外），一旦损坏后应用同规格的熔断器更换。

2. 熔断器的结构

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座 3 部分组成，见表 4-4。

表 4-4 熔断器的结构

组 成 部 分	说 明
熔体	熔体是熔断器的核心，常做成丝状、片状或栅状。制作熔体的材料一般有铅锡合金、锌、铜、银等
熔管	熔管是熔体的保护外壳，用耐热绝缘材料制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用
熔座	熔座是熔断器的底座，作用是固定熔管和外接引线

3. 常用低压熔断器

(1) 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器应用于低压线路中，作为线路及电气设备的短路保护及过载保护器件。

RC1A 系列瓷插式熔断器的结构如图 4-15 所示。

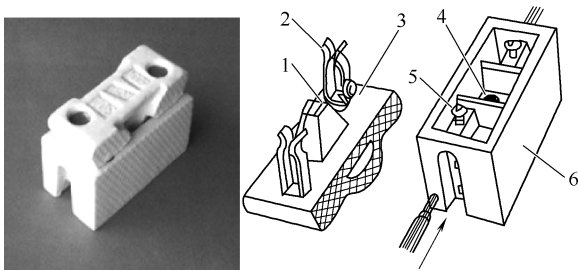


图 4-15 RC1A 系列瓷插式熔断器的结构

1—熔丝 2—动触头 3—瓷盖 4—空腔 5—静触头 6—瓷座

瓷插式熔断器的特点及应用见表 4-5。

表 4-5 瓷插式熔断器的特点及应用

特 点	结构简单，价格低廉，更换方便，使用时将瓷盖插入瓷座，拨下瓷盖便可更换熔丝
应 用	在额定电压 380V 及以下、额定电流为 5 ~ 200A 的低压线路末端或分支电路中，作为线路和用电设备的短路保护，在照明线路中还可起过载保护作用

(2) 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器又称为塞式熔断器，主要应用于配电设备、线路的过载和短路保护。

RL1 系列螺旋式熔断器的结构如图 4-16 所示。

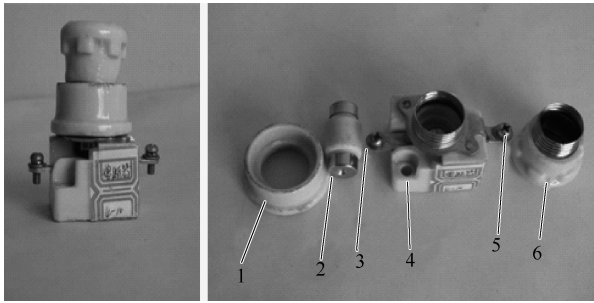


图 4-16 RL1 系列螺旋式熔断器的结构

1—瓷套 2—熔断管 3—下接线座 4—瓷座 5—上接线座 6—瓷帽

螺旋式熔断器的特点及应用见表 4-6。

表 4-6 螺旋式熔断器的特点及应用

特 点	熔断管内装有石英砂、熔丝和熔断指示器。石英砂用来增强灭弧性能。熔丝熔断后有明显指示
应 用	在交流额定电压 500V、额定电流 200A 及以下的电路中，作为短路保护器件

(3) 封闭管式熔断器

RM10 系列封闭管式熔断器的结构如图 4-17 所示。

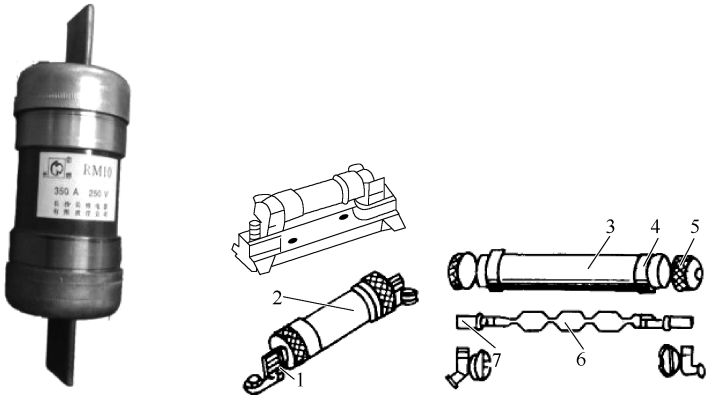


图 4-17 RM10 系列封闭管式熔断器的结构

1—夹座 2—熔断管 3—钢纸管 4—黄铜套管 5—黄铜帽 6—熔体 7—刀型夹头

封闭管式熔断器的特点及应用见表 4-7。

表 4-7 封闭管式熔断器的特点及应用

特 点	熔断管为钢纸制成，两端为黄铜制成的可拆式管帽，管内熔体为变截面的熔片，更换熔体较方便
应 用	用于交流额定电压 380V 及以下，直流 440V 及以下，电流在 600A 以下的电力线路中

(4) 有填料封闭管式熔断器

RT0 系列有填料封闭管式熔断器的结构如图 4-18 所示。

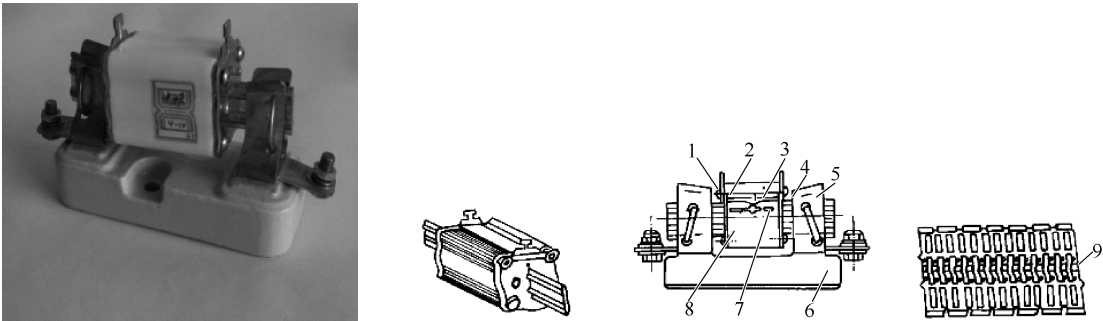


图 4-18 RT0 系列有填料封闭管式熔断器的结构
1—熔断指示器 2—石英砂填料 3—指示器熔丝 4—夹头
5—夹座 6—底座 7—熔体 8—熔管 9—锡桥

有填料封闭管式熔断器的特点及应用见表 4-8。

表 4-8 有填料封闭管式熔断器的特点及应用

特 点	熔体是两片网状纯铜片，中间用锡桥连接。熔体周围填满石英砂起灭弧作用
应 用	用于交流 380V 及以下、短路电流较大的电力输配电系统中，作为线路及电气设备的短路保护及过载保护

(5) 有填料封闭管式圆筒帽形熔断器

NG30 系列有填料封闭管式圆筒帽形熔断器如图 4-19 所示。

有填料封闭管式圆筒帽形熔断器的特点及应用见表 4-9。

(6) 有填料快速熔断器

RS0、RS3 系列有填料快速熔断器如图 4-20 所示。
顾名思义，这种熔断器是一种快速动作型的熔断器，熔体为银质窄截面或网状形式，熔体为一次性使用，不能自行更换。

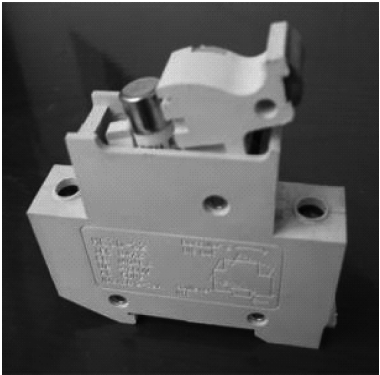


图 4-19 NG30 系列有填料封闭管式圆筒帽形熔断器

表 4-9 有填料封闭管式圆筒帽形熔断器的特点及应用

特 点	熔断体由熔管、熔体、填料组成，由纯铜片制成的变截面熔体封装于高强度的熔管内，熔管内充满高纯度石英砂作为灭弧介质，熔体两端采用点焊与端帽牢固连接
应 用	用于交流 50Hz、额定电压 380V、额定电流 63A 及以下工业电气装置的配电线路中

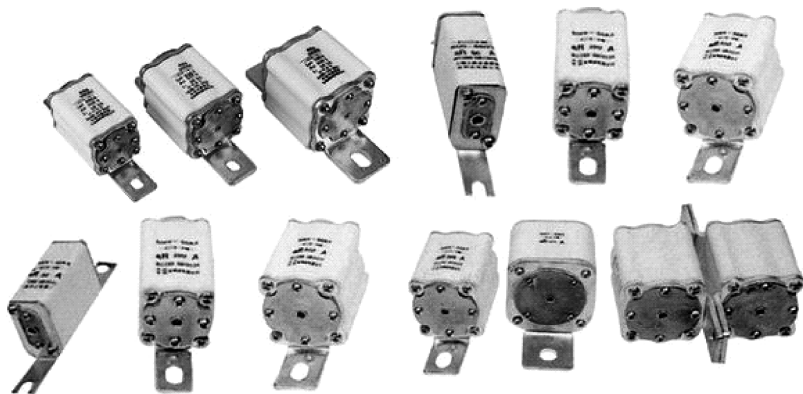


图 4-20 RS0、RS3 系列有填料快速熔断器

有填料快速熔断器的特点及应用见表 4-10。

表 4-10 有填料快速熔断器的特点及应用

特 点	在 6 倍额定电流时，熔断时间不大于 20ms，熔断时间短，动作迅速
应 用	主要用于半导体硅整流元器件的过电流保护

🔧 熔断器的类型及应用口诀 📏

简易熔断保险丝，发明者是爱迪生。
严防死守除故障，超过电流自熔化。
常用熔断器四种，居民配电用瓷插。
螺旋式的熔断器，机床配电常用它。
无填料式熔断器，设备电缆常用它。
有填料式熔断器，整流元件常用它。

4. 熔断器的选用

(1) 熔断器类型的选用

根据使用环境、负载性质和短路电流的大小选用适当类型的熔断器。

1) 瓷插式熔断器，主要用于 500V 以下小容量线路。

2) 螺旋式熔断器，用于 500V 以下中小容量线路，多用于机床配电电路。

3) 无填料封闭管式熔断器，主要用于交流 500V、直流 400V 以下的配电设备中，作为短路保护和防止连续过载用。

4) 有填料管式熔断器比无填料封闭管式熔断器断流能力大，可达 50kA，主要用于具有较大短路电流的低压配电网。

(2) 熔断器额定电压和额定电流的选用

熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压。

熔断器的额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流。

(3) 熔体电流的选择

1) 对于没有冲击电流的电阻性负载, 熔体的额定电流为 $I_{FR} = 1.1 I_R$ (式中, I_{FR} 为熔体的额定电流, I_R 为负载额定电流)。

2) 对一台电动机, 熔体的额定电流为 $I_{FR} \geq (1.5 \sim 2.5) I_R$ 。

3) 如果是多台电动机, 熔体的额定电流为 $I_{FR} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{Rmax} + \Sigma I_R$ (式中, I_{Rmax} 为最大一台电动机额定电流, ΣI_R 为其余小容量电动机额定电流之和)。

☞ 熔断器额定电流的选用口诀 ☜

熔体电流额定值, 选用一定要计算。
熔体形状不相同, 根据需要来选用。
照明线路安装时, 略大全部电流和。
单台电机运行时, 小于额流二点五。
多台电机运行时, 小于总和二点五。
减压启动电动机, 小于二倍额定流。
绕线式的电动机, 小于额流一点五。
变压器的低压侧, 小于额流一点五。
并联电容器组群, 小于额流一点八。
电焊机装的熔体, 小于负流二点五。
电子整流元器件, 一点五七额定流。

5. 熔断器的检测

检测低压熔断器, 可用万用表检测其电阻值来判断熔体(丝)的好坏。

万用表选择 $R \times 10$ 挡, 黑、红表笔分别与熔断器的两端接触, 若测得低压熔断器的阻值很小或趋于零, 则表明该低压熔断器正常; 若测得低压熔断器的阻值为无穷大, 则表明该低压熔断器已熔断。

对于有表面有明显烧焦痕迹或人眼能直接看到熔丝已经断了的熔断器, 可通过观察法直接判断其好坏。

6. 熔断器应用应注意的事项

1) 安装熔断器应保证触头、接线端等处接触良好, 并应经常检查。若接触不良会使接触部位发热, 熔体温度过高就会造成误动作。有时因为接触不良产生火花会干扰弱电装置。

2) 安装熔体时, 如熔体有机械损伤, 相当于熔体截面变小, 电阻增加, 保护性能将变差。

3) 螺旋式熔断器的进线应接在底座中心端的下接线端, 出线接在上接线端, 如

图4-21所示。

4) 更换熔体时, 要检查新熔体的规格和形状是否与更换的熔体一致。熔丝损坏后, 千万不能用铜丝或铁丝代替。

5) 熔体周围温度应与被保护对象的周围温度一致, 若相差太大, 会使保护动作产生误差。



图 4-21 螺旋式熔断器的接线规定



指点迷津

熔断器不论因短路电流或过负荷电流, 还是其他原因而熔断, 不能贸然更换熔体, 需查明原因, 排除故障后更换。同时不能断一相更换一相, 而是同负荷开关的熔体均更换。因为未熔断的熔体也有过热的经历, 继续使用易在以后正常工作时熔断。

4.1.5 接触器

1. 接触器的功能

接触器是一种自动化的控制电器, 主要用于频繁接通或分断交、直流电路, 具有控制容量大, 可远距离操作, 配合继电器可以实现定时操作、联锁控制、各种定量控制和失电压及欠电压保护, 广泛应用于自动控制电路, 其主要控制对象是电动机, 也可用于控制其他电力负载, 如电热器、照明、电焊机、电容器组等。

接触器的一端接控制信号, 另一端则连接被控的负载线路, 是实现小电流、低电压电信号对大电流、高电压负载进行接通、分断控制的最常用器件。

在工业电气中, 接触器的型号很多, 电流在 5 ~ 1000A 的不等, 其应用相当广泛。

2. 接触器的类型

按照不同的分类方法, 接触器有多种类型, 见表 4-11。

表 4-11 接触器的类型

分类方法	种 类
按主触头通过电流种类分	交流接触器、直流接触器
按操作机构分	电磁式接触器、永磁式接触器
按驱动方式分	液压式接触器、气动式接触器、电磁式接触器
按动作方式分	直动式接触器、转动式接触器

由于交流接触器和直流接触器的结构及工作原理大致相同, 因此本书主要介绍交流接触器。

3. 交流接触器的结构

接触器主要由电磁系统、触头系统、灭弧装置等几部分构成，见表 4-12。其外形及结构如图 4-22 所示。

表 4-12 接触器的结构

装置或系统	组成及说明
电磁系统	可动铁心（衔铁）、静铁心、电磁线圈、反作用弹簧
触头系统	主触头（用于接通、切断主电路的大电流）、辅助触头（用于控制电路的小电流）；一般有三对动合主触头，若干对辅助触头

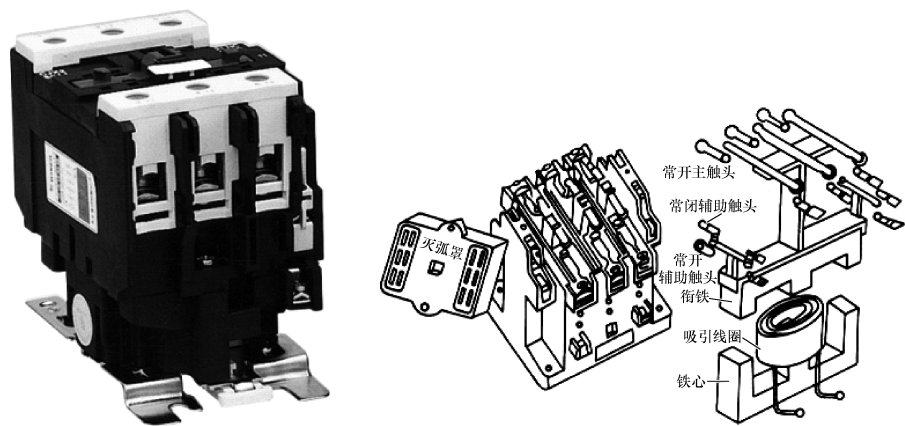


图 4-22 交流接触器的外形及结构

按功能不同，接触器的触头分为主触头和辅助触头。主触头用于接通和分断电流较大的主电路，体积较大，一般由 3 对动合触头组成；辅助触头用于接通和分断小电流的控制电路，体积较小，有动断和动合两种触头。根据触头形状的不同，分为桥式触头和指形触头，其形状分别如图 4-23 示。

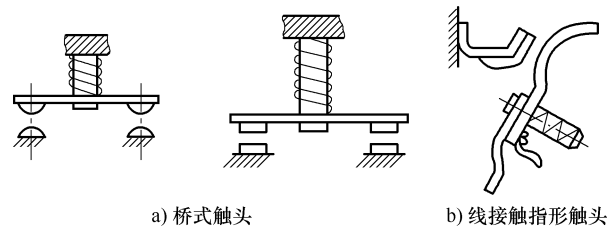


图 4-23 桥式触头和指形触头

4. 交流接触器的主要参数

- 1) 交流接触器主触头的额定电压等级有 127V、220V、380V、500V 等几种规格。
- 2) 主触头额定电流等级有 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A 等。

- 3) 交流接触器辅助触头的工作电流一般为 5A。
- 4) 交流接触器的电磁线圈的额定操作频率应不大于 600 次/h。

5. 接触器的选用

接触器的选用方法见表 4-13。

表 4-13 接触器的选用

选 择 要 点	方法及说明
接触器的类型	根据电路中负载电流的种类选择。交流负载应选用交流接触器，直流负载应选用直流接触器，如果控制系统中主要是交流负载，直流电动机或直流负载的容量较小，也可都选用交流接触器来控制，但触头的额定电流应选得大一些
主触头的额定电压	接触器主触头的额定电压应等于或大于负载的额定电压
主触头的额定电流	被选用接触器主触头的额定电流应大于负载电路的额定电流。也可根据所控制的电动机最大功率进行选择。如果接触器是用来控制频繁起动、正反转或反接制动等场合的电动机，应将接触器的主触头额定电流降低使用，一般可降低一个等级
吸引线圈工作电压和辅助触头容量	如果控制线路比较简单，所用接触器的数量较少，则交流接触器线圈的额定电压一般直接选用 380V 或 220V 如果控制线路比较复杂，使用的电器又比较多，为了安全起见，线圈的额定电压可选低一些，这时需要加一个控制变压器

交流接触器选用口诀

选用交流接触器，负载要求应满足。
操作频率的选用，要看次数和电流。
额定电流的选择，电机功率是依据。
额定电压的选择，等或大于负载压。
线圈电压的选择，要看线路的繁简。

6. 交流接触器安装

(1) 安装固定方式

- 1) 水平安装：用螺栓（钉）将接触器安装在水平的金属板或格架上，工作时主触头向下运动后闭合。大中型交流接触器一般采用这种方式安装。
- 2) 立面安装：主要适合小型接触器，优点是可按上端为输入、下端为输出的方法排线，电气原理易于理解，方便电气检修、维护，而且积尘少、整洁美观，如图 4-24 所示。

(2) 布线方式

- 1) 对于接触器较少、线路简单的情况，可考虑用单芯（硬）导线按横平竖直的原则进行布线。线束至接线端子时，常见的分列方法有单层分列、多层分列、扇形分列等多种，如图 4-25 所示。

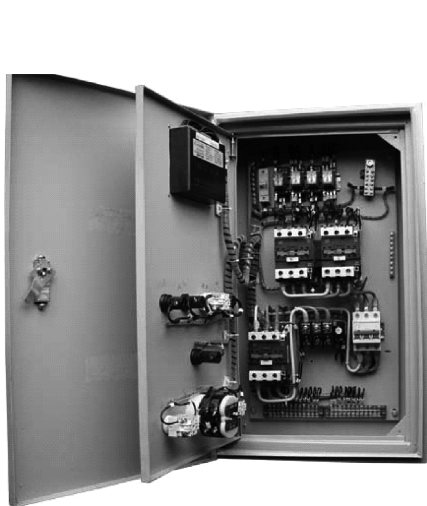


图 4-24 接触器的安装与固定

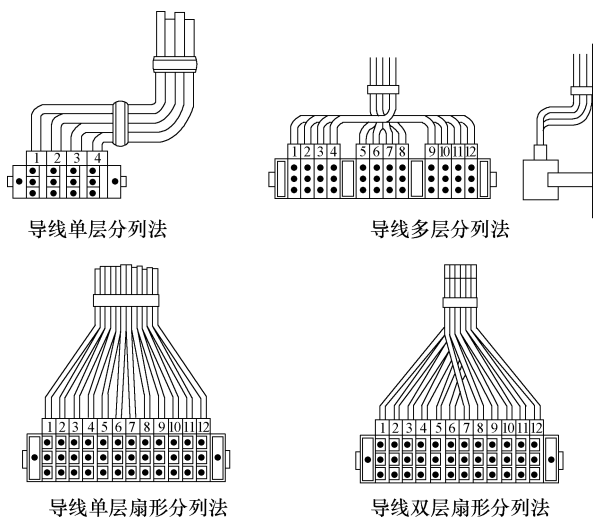


图 4-25 单芯铜导线布线时常见的几种分列方法

2) 对于接触器较多、线路复杂的情况,可采用多芯(软)导线用线槽进行布线,以简化接线工艺,减少工作量,如图 4-26 所示。

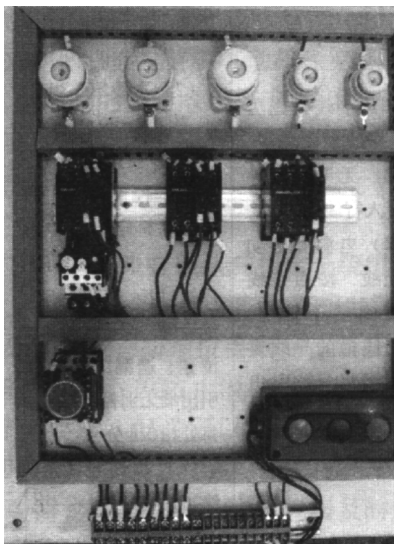


图 4-26 线槽布线

(3) 连接方法

1) 大中型接触器,由于电流较大,为保证其主触头进、出线的电气接触良好,一般必须用线鼻子经螺栓(钉)加弹簧垫圈后紧固。加弹簧垫圈的目的是防止连接处因机器设备的振动或因主触头处经常冷、热交替变化而松弛。

2) 小型接触器连线方法根据接触器本身的制造结构,可以有螺钉压接式、夹钳接线式和快速插接式 3 种不同方法。

3) 也可采用线头弯“羊眼圈”的方法进行连接。弯制方法如下：离绝缘层根部约3mm处向外侧折角，按略大于螺钉直径弯曲圆弧，剪去芯线余端，最后修正圆圈成圆形，如图4-27所示。

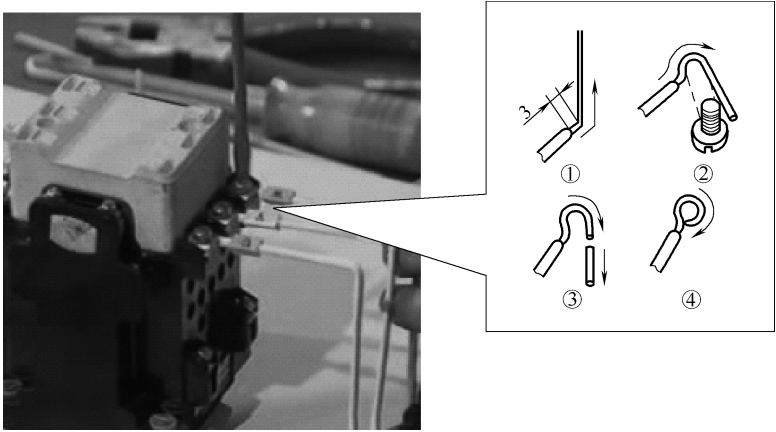


图 4-27 线头弯“羊眼圈”进行连接



指点迷津

接触器安装注意事项如下：

- 1) 安装接触器时，除特殊情况外，一般应垂直安装，其倾角不得超过 5° ；有散热孔的接触器，应将散热孔放在上下位置。
- 2) 在安装与接线时，注意不要把零件失落入接触器内部，以免引起卡阻而烧毁线圈。同时，应将螺钉拧紧以防振动松脱。
- 3) 接触器的工作环境要求清洁、干燥，安装位置不能受到剧烈振动，因为剧烈振动容易造成触头抖动，严重时会发生误动作。
- 4) 接触器不允许在去掉灭弧罩的情况下使用，因为这样很容易发生短路事故。

7. 交流接触器常见故障及处理

交流接触器常见故障及处理方法见表4-14。

表 4-14 交流接触器常见故障及处理

故障现象	可能原因	处理方法
触头能闭合而铁心不能完全闭合	(1) 电源电压过低或波动大 (2) 操作回路电源容量不足或断线；配线错误；触头接触不良 (3) 选用线圈不当 (4) 产品本身受损，如线圈受损，部件卡住；转轴生锈或歪斜 (5) 触头弹簧压力不匹配	(1) 增高电源电压 (2) 增大电源容量，更换线路，修理触头 (3) 更换线圈 (4) 更换线圈，排除卡阻部件，修理损坏零件 (5) 调整触头参数

(续)

故障现象	可能原因	处理方法
触头熔焊	(1) 操作频率过高或超负荷使用 (2) 负载侧短路 (3) 触头弹簧压力过小 (4) 触头表面有异物 (5) 回路电压过低或有机机械卡阻	(1) 调换合适的接触器 (2) 排除短路故障，更换触头 (3) 调整触头弹簧压力 (4) 清理触头表面 (5) 提高操作电源电压，排除机械卡阻，使接触器吸合可靠
触头过度磨损	接触器选用不当，在一些场合造成其容量不足（如在反接振动，操作频率过高，三相触头动作不同步等）	更换适合繁重任务的接触器；如果三相触头动作不同步，应调整到同步
不释放或释放缓慢	(1) 触头弹簧压力过小 (2) 触头熔焊 (3) 机械可动部分卡阻，转轴生锈或歪斜 (4) 反力弹簧损坏 (5) 铁心吸合面有污物或尘埃粘着	(1) 调整触头参数 (2) 排除熔焊故障，修理或更换触头 (3) 排除卡阻故障，修理受损零件 (4) 更换反力弹簧 (5) 清理铁心吸合面
铁心噪声过大	(1) 电源电压过低 (2) 触头弹簧压力过大 (3) 磁系统歪斜或卡阻，使铁心不能吸平 (4) 吸合面生锈或有异物 (5) 短路环断裂或脱落 (6) 铁心吸合面磨损过度，不平	(1) 提高操作回路电压 (2) 调整触头弹簧压力 (3) 排除机械卡阻 (4) 清理铁心吸合面 (5) 调换铁心或短路环 (6) 更换铁心
线圈过热或烧损	(1) 电源电压过高或过低 (2) 线圈技术参数与实际使用条件不符合 (3) 操作频率过高 (4) 线圈制作不良或有机机械损伤、绝缘损坏 (5) 使用环境条件特殊，如空气潮湿、有腐蚀性气体或环境温度过高等 (6) 运动部件卡阻 (7) 铁心吸合面不平	(1) 调整电源电压 (2) 更换线圈或者接触器 (3) 选择合适的接触器 (4) 更换线圈，排除线圈机械受损的故障 (5) 采用特殊设计的线圈 (6) 排除卡阻故障 (7) 清理吸合面或调换铁心

4.1.6 继电器

1. 继电器的特点及功用

继电器具有动作快、工作稳定、使用寿命长、体积小等优点，广泛应用于电力保护、自动化、遥控、测量和通信等装置中。与接触器相比，继电器具有触头额定电流很小，不需要灭弧装置，触头种类和数量较多，体积小等特点，但对其动作的准确性要求较高。

一般来说，继电器主要用来反映各种控制信号，其触头通常接在控制电路中，不直接控制电流较大的主电路，而是通过接触器或其他电器对主电路进行控制。作为控制元件，继电器的作用见表 4-15。

表 4-15 继电器的作用

作 用	说 明
扩大控制范围	多触头继电器控制信号达到某一定值时，可以按触头组的不同形式，同时换接、开断、接通多路电路
放大	灵敏型继电器、中间继电器等用一个很微小的控制量，就可以控制很大功率的电路
自动、遥控、监测	自动装置上的继电器与其他电器一起，可以组成程序控制线路，从而实现自动化运行
综合信号	当多个控制信号按规定的形式输入多绕组继电器时，经过比较综合，达到预定的控制效果

2. 继电器的种类

继电器的种类很多，常见继电器见表 4-16。

表 4-16 继电器的种类

分 类 方 法	种 类
按输入信号性质分	电流继电器、电压继电器、速度继电器、压力继电器
按工作原理分	电磁式继电器、电动式继电器、感应式继电器、晶体管式继电器和热继电器
输出方式分	有触头式和无触头式
按外形尺寸分	微型继电器、超小型继电器、小型继电器
按防护特征分	密封继电器、塑封继电器、防尘罩继电器、敞开继电器

3. 继电器的主要技术参数

继电器的种类及型号很多，归纳起来其主要技术参数见表 4-17。

表 4-17 继电器的主要技术参数

技 术 参 数	含义或说明
额定工作电压	指继电器正常工作时线圈所需要的电压，也就是控制电路的控制电压。根据继电器的型号不同，可以是交流电压，也可以是直流电压
直流电阻	指继电器中线圈的直流电阻，可以通过万能表测量
吸合电流	指继电器能够产生吸合作的最小电流。在正常使用时，给定的电流必须略大于吸合电流，这样继电器才能稳定地工作。而对于线圈所加的工作电压，一般不要超过额定工作电压的 1.5 倍，否则会产生较大的电流而把线圈烧毁
释放电流	指继电器产生释放动作的最大电流。当继电器吸合状态的电流减小到一定程度时，继电器就会恢复到未通电的释放状态。这时的电流远远小于吸合电流
触头切换电压和电流	指继电器允许加载的电压和电流。它决定了继电器能控制电压和电流的大小，使用时不能超过此值，否则很容易损坏继电器的触头

4. 继电器的选用

1) 了解必要的条件。

① 控制电路的电源电压，能提供的最大电流。

② 被控制电路中的电压和电流。

③ 被控电路需要几组、需要什么形式的触头。

选用继电器时，一般控制电路的电源电压可作为选用的依据。控制电路应能给继电器提供足够的工作电流，否则继电器的吸合是不稳定的。

2) 查阅有关资料确定使用条件后，可查找相关资料，找出需要的继电器的型号和规格号。若手头已有继电器，可依据资料核对是否可以利用。最后考虑尺寸是否合适。

3) 注意器具的容积。若是用于一般用电器，除考虑机箱容积外，小型继电器主要考虑电路板的安装布局。

5. 继电器的测试

在安装、维护、维修继电器时，可通过对继电器的一些参数进行测试，以鉴定其质量好坏，其参数项目见表 4-18。

表 4-18 测试继电器

项 目	测 试 方 法
触头电阻	使用万能表的电阻挡，测量动断触头与动点的电阻，其阻值应为 0，(用更加精确方式可测得触头阻值在 100mΩ 以内)；而动合触头与动点的阻值应为无穷大。由此可以区别出那个是动断触头，那个是动合触头
线圈电阻	可用万能表 R × 10 挡测量继电器线圈的阻值，从而判断该线圈是否存在开路现象
吸合电压和吸合电流	采用可调稳压电源和电流表，给继电器输入一组电压，且在供电回路中串入电流表进行监测。慢慢调高电源电压，听到继电器吸合声时，记下该吸合电压和吸合电流。为求准确，可以试多几次而求平均值
释放电压和释放电流	与测试吸合电压和吸合电流的电路连接方法一样，当继电器发生吸合后，再逐渐降低供电电压。当听到继电器再次发生释放声音时，记下此时的电压和电流，可尝试多几次而取得平均的释放电压和释放电流。一般情况下，继电器的释放电压约在吸合电压的 10% ~ 50%，如果释放电压太小 (小于 1/10 的吸合电压)，则不能正常使用，这样会对电路的稳定性造成威胁，工作不可靠

6. 电压继电器的应用

电压继电器的线圈匝数多且导线细，使用时将电压继电器的电磁线圈并联在所监控的电路中，将动合触头串联在控制电路中作为执行元件。当电路的电压值变化超过设定值时，电压继电器的触头机构便会动作，触头状态产生切换，发出控制信号。

电压继电器按电压动作类型可分为过电压继电器、低电压 (欠电压) 继电器两种。

1) 选用过电压继电器主要是看额定电压和动作电压等参数, 过电压继电器的动作值一般按系统额定电压的 1.1 ~ 1.2 倍整定。

2) 电压继电器线圈的额定电压一般可按电路的额定电压来选择。

电压继电器记忆口诀

电压继电器两种, 过电压和欠电压。
线圈匝数多且细, 整定范围可细化。
并联负载电路中, 密切监控电变化。
额定电压要相符, 安装完毕试几下。

7. 电流继电器的应用

电流继电器是反映电流变化的控制电器, 主要用于监控电气线路中的电流变化。

电流继电器的线圈匝数少且导线粗, 使用时将电磁线圈串联在被监控的主电路中, 动作触头串联在辅助电路中。当电路电流的变化超过设定值时, 电流继电器便会动作, 触头状态场所切换, 发出信号。

电流继电器按电流动作类型可分为过电流继电器、欠电流继电器两种。

(1) 过电流继电器

过电流继电器正常工作时线圈中虽有负载电流, 但衔铁不产生吸合动作。当出现超出整定电流的吸合电流时, 衔铁才产生吸合动作。在电气控制线路中出现冲击性过电流故障时, 过电流使过电流继电器衔铁吸合, 利用其动断触头断开接触器线圈的通电回路, 从而切断电气控制线路中电气设备的电源。JT4 系列过电流继电器的结构及原理如图 4-28 所示。

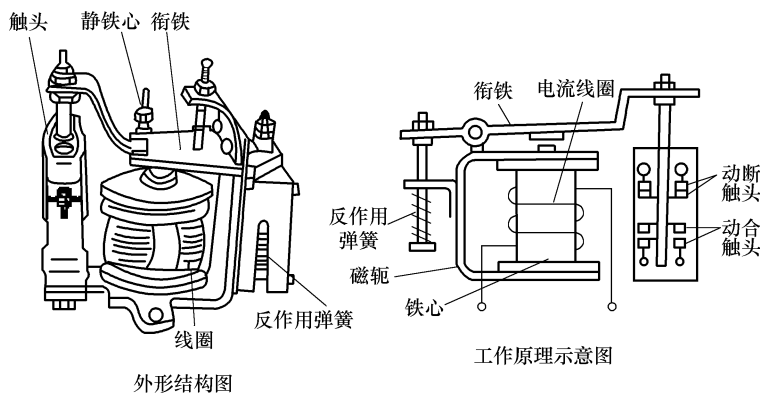


图 4-28 JT4 系列过电流继电器的结构及原理

交流过电流继电器整定值 I_x 的整定范围为

$$I_x = (1.1 \sim 3.5) I_N$$

式中, I_x 为吸合电流, I_N 为额定电流。

(2) 欠电流继电器

欠电流继电器正常工作时衔铁处于吸合状态,当电路的负载电流降低至释放电流时,衔铁释放。在直流电路中,当负载电流降低或消失往往会导致严重后果(如直流电动机励磁回路断线等)。在交流电路中,一般不会出现欠电流故障,因此低压电器产品中有直流欠电流继电器而无交流欠电流继电器。

直流欠电流继电器吸合电流 $I_x = (0.3 \sim 0.65) I_N$ 。

释放电流 I_F 整定范围为 $I_F = (0.1 \sim 0.2) I_N$ 。

(3) 电流继电器的选型

电力保护、二次回路电流继电器选型条件如下:

1) 有辅源电流继电器需要提供的条件。

触头形式(动合触头、动断触头和转换触头的组数)、辅助电压等级,电流整定范围,以及安装方式(柜内安装,面板开孔式,导轨式)。

2) 无辅源电流继电器需要提供的条件:触头形式(动合触头、动断触头和转换触头的组数)、电流整定范围,以及安装方式(柜内安装,面板开孔式,导轨式)。

(4) 过电流继电器的选用

过电流继电器的主要参数是额定电流和动作电流。额定电流应不低于被保护电动机的额定电流,动作电流可根据电动机工作情况按电动机起动电流的 $1.1 \sim 1.3$ 倍整定。一般绕线转子异步电动机的起动电流按 2.5 倍额定电流考虑,笼型异步电动机的电流按额定电流的 $5 \sim 8$ 倍考虑。

1) 过电流继电器线圈的额定电流一般可按电动机长期工作的额定电流来选择。对于频繁起动的电动机,考虑到起动电流在继电器中的热效应,因此额定电流可选大一级。

2) 过电流继电器的动作电流可根据电动机工作情况,一般按电动机起动电流的 $1.1 \sim 1.3$ 倍整定,频繁起动场合可取 $2.25 \sim 2.5$ 倍。一般绕线转子异步电动机的起动电流按 2.5 倍额定电流考虑,笼型异步电动机的起动电流按额定电流的 $5 \sim 8$ 倍考虑。

8. 中间继电器的应用

中间继电器是传输或转换信号的一种低压电器元件,它可将控制信号传递、放大、翻转、分路、隔离和记忆,以达到一点控多点、小功率控大功率的目标。

中间继电器的主要作用是解决触头容量、数目与继电器灵敏度之间的矛盾。

中间继电器有通用型继电器、电子式小型通用继电器、接触器电磁式中间继电器、采用集成电路构成的无触头静态中间继电器等。

中间继电器的品种规格很多,常用的有 J27 系列、J28 系列、JZ11 系列、JZ13 系列、JZ14 系列、JZ15 系列、JZ17 系列和 3TH 系列。

选用中间继电器时,主要应根据被控制电路的电压等级、所需触头数量、种类、容量等要求来选择。

由于中间继电器的触头容量较小,所以一般不能在主电路中应用。

9. 速度继电器的应用

速度继电器主要用于三相异步电动机反接制动的控制电路中。它的任务是当三相电源

的相序改变以后，产生与实际转子转动方向相反的旋转磁场，从而产生制动力矩，使电动机在制动状态下迅速降低速度。在电动机转速接近零时立即发出信号，切断电源使之停车（否则电动机开始反方向启动）。

常用的速度继电器有 JY1 型和 JFZO 型两种，它们具有两个动合触头、两个动断触头，触头额定电压为 380V，额定电流为 2A。一般速度继电器的转轴在 130r/min 左右即能动作，在 100r/min 时触头即能恢复到正常位置。可以通过螺钉的调节来改变速度继电器动作的转速，以适应控制电路的要求。

选用速度继电器时要注意以下几点：

- 1) 选用速度继电器时，应根据触头额定电压、触头额定电流、触头数量及额定转速来选择。
- 2) 速度继电器的转轴应与电动机同轴连接，如图 4-29 所示。
- 3) 速度继电器安装接线时，正、反向的触头不能接错，否则不能起到在反接制动时接通和断开反向电源的作用。
- 4) 速度继电器的金属外壳应可靠接地。

10. 热继电器的应用

热继电器主要用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡运行及其他电气设备发热状态的控制，也可用于其他电气设备发热状态的控制。

热继电器的热元件与被保护电动机的主电路串联。热继电器的触头串联在接触器线圈所在的控制回路中，如图 4-30 所示。

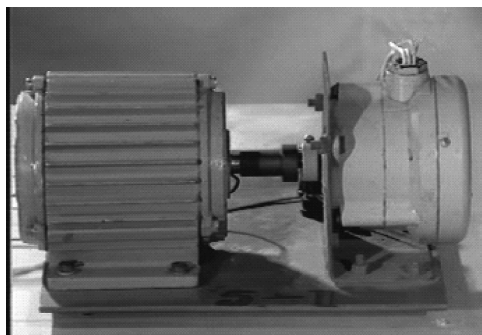


图 4-29 速度继电器与电动机的连接

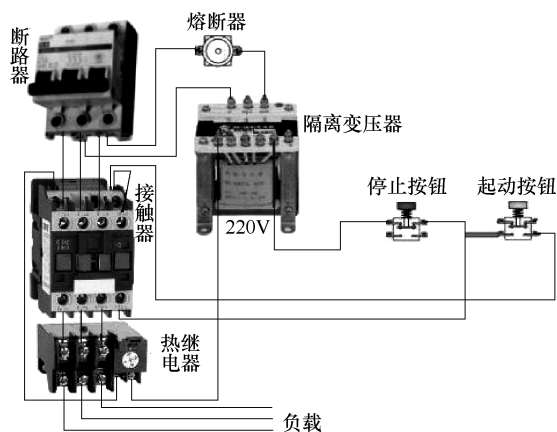


图 4-30 热继电器在电动机控制电路中的应用示例

选用热继电器时应注意以下几点：

- 1) 一般电动机轻载启动或短时，可选择两相结构的热继电器；当电源电压的均衡性和工作环境较差或多台电动机的功率差别较显著时，可选择三相结构的热继电器；对于三角形联结的电动机，应选用带断相保护装置的热继电器。
- 2) 热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流。

3) 一般将整定电流调整到等于电动机的额定电流。对过载能力差的电动机,可将热元件整定值调整到电动机额定电流的0.6~0.8倍;对起动时间较长,拖动冲击性负载或不允许停车的电动机,热元件的整定电流应调节到电动机额定电流的1.1~1.15倍。绝对不允许弯折双金属片。

11. 时间继电器的应用

时间继电器实质上是一个定时器,在定时信号发出之后,时间继电器按预先设定好的时间、时序延时接通和分断被控电路。

时间继电器按工作方式可分为通电延时时间继电器和断电延时时间继电器两种,前者较为常用。

时间继电器按动作原理可分为电磁阻尼式、空气阻尼式、晶体管式和电动式等4种。近年来,电子式时间继电器发展很快,它具有延时时间长、准确度高、调节方便等优点,有的还带有数字显示,非常直观,所以应用很广泛。

JSZ3系列时间继电器如图4-31所示。其控制电路采用了集成电路,具有体积小、重量轻、结构紧凑、延时范围广、延时准确度高、可靠性好、寿命长等特点,适用于在机床自动控制、成套设备自动控制等要求高准确度、高可靠性的自动控制系统中作为延时控制元件。



图4-31 JSZ3系列时间继电器

使用时间继电器时应注意以下事项:

- 1) 时间继电器的使用工作电压应在额定工作电压范围内。
- 2) 当负载功率大于继电器额定值时,应添加中间继电器。
- 3) 严禁在通电的情况下安装、拆卸时间继电器。
- 4) 对可能造成重大经济损失或人身安全的设备,设计时应务必使技术特性和性能数值有足够余量,同时应该采用二重电路保护等安全措施。
- 5) 断电延时型时间继电器,通电时间必须大于3s,以使内部电容充足电能。

4.1.7 控制按钮

1. 控制按钮的作用

控制按钮也称为按钮开关,通常简称为按钮,它是一种结构简单,应用十分广泛的主令电器。按钮常用来接通或断开控制电路(其中电流很小),从而达到控制电动机或其他电气设备运行目的的一种开关。

控制按钮的用途很广,例如车床的起动与停机、正转与反转等;塔式吊车的起动,停止,上升,下降,前、后、左、右、慢速或快速运行等,都需要按钮控制。

在电气自动控制电路中,控制按钮用于手动发出控制信号,以控制接触器、继电器、电磁启动器等,从而间接地实现对负载的控制,如电动机的起动、调速、正反转及停车。



指点迷津

按钮触头的允许通过电流一般不超过 5A，故不能直接用控制按钮控制主电路的通断。

2. 控制按钮的类型及结构

控制按钮的结构形式很多，例如普通掀钮式、蘑菇头式、自锁式、自复位式、旋柄式、带指示灯式、带灯符号式及钥匙式等。按钮有单钮、双钮、三钮及其他不同组合形式。按钮一般是采用积木式结构，由按钮帽、复位弹簧、桥式触头和外壳等组成，通常做成复合式，有一对动断触头和动合触头，有的产品可通过多个元件的串联增加触头对数。还有一种自持式按钮，按下后即可自动保持闭合位置，断电后才能打开。

常见控制按钮的触头结构位置有三种形式：动断按钮、动合按钮和复合按钮，其内部结构及图形符号如图 4-32 所示。

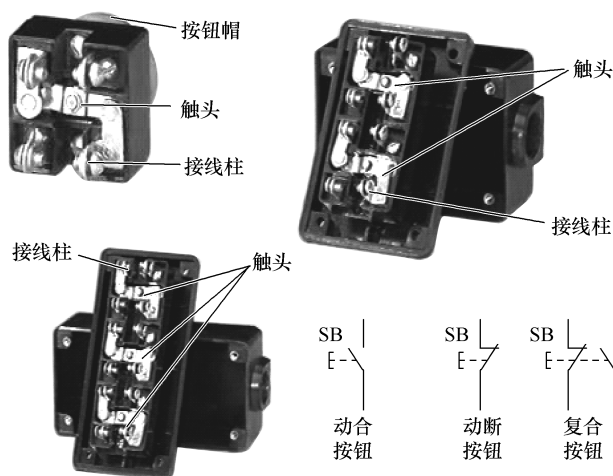


图 4-32 控制按钮的结构及图形符号

1) 动合按钮在手指未按下前，触头是断开的，手指按下时触头接通，手指放松后，触头自动复位。

2) 动断按钮在操作前触头是闭合的，手指按下时触头断开，手指放松后，触头自动复位。

3) 复合按钮有两组触头，操作前有一组闭合，另一组断开，手指按下时，闭合的触头断开，而断开的触头闭合；手指放开后，两组触头全部自动复位。

除了常见的直上直下的操作形式即掀钮式按钮之外，还有自锁式、紧急式、钥匙式和旋钮式按钮，图 4-33 为这些按钮的外形。

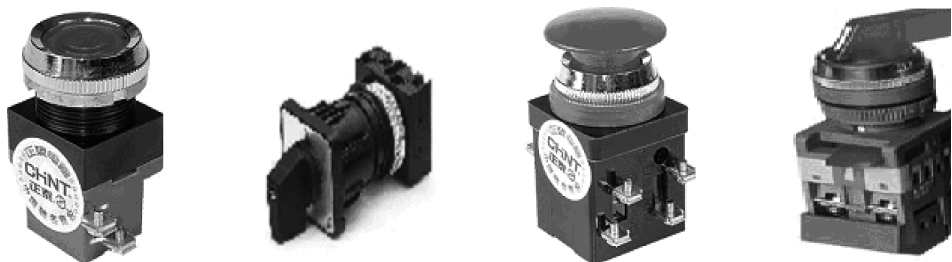


图 4-33 各种按钮的外形

为便于识别各按钮作用，避免误操作，常在按钮帽上制成不同标志并采用不同颜色以示区别。一般红色表示停止按钮、绿色或黑色表示启动按钮，常用按钮颜色的含义见表 4-19。

表 4-19 常用按钮颜色的代表意义及用途

按 钮	推荐选用颜色	典型用途举例
紧急-停止/断开	红色	同一按钮既用于紧急的，又用于正常的停止/断开操作
停止/断开	白、灰和黑色（其中最常用的是黑色，红色也允许使用）	同一按钮用于正常的停止/断开操作
启动/接通	白色	当使用白色、黑色来区别启动/接通和停止/断开时，白色用于启动/接通操作器，黑色必须用于停止/断开操作器
停止/断开	黑色	
复位动作	蓝色	用于复位动作

3. 控制按钮的检测

控制按钮的好坏可以用万用表来检测。将万用表置于 $R \times 10$ 挡，并进行欧姆调零，在按钮按下（闭合）和没有按下（断开）两种状态下，分别测量动断、动合触头的两个接线柱的电阻值，根据测量结果即可判断控制按钮的好坏，如图 4-34 所示。

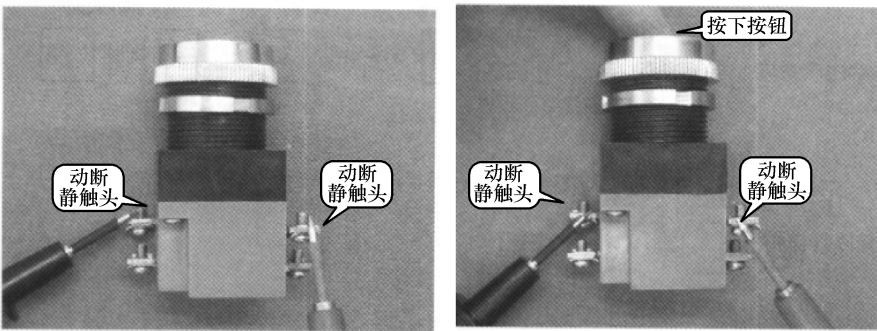


图 4-34 控制按钮的检测

若测得控制按钮在断开状态下，其动断静触头的阻值趋于零或动合静触头的阻值为无穷大，在接通的状态下，动断静触头的阻值为无穷大或动合静触头的阻值为零，而在按下

按钮后测得两对静触头的电阻值，应与按钮断开时的测量结果相反，则表明该控制按钮正常。若检测结果与上述电阻值不一致，则说明控制按钮有故障。

4. 控制按钮的选用

1) 按钮的选用应根据使用场合和具体用途确定。例如控制柜面板上的按钮一般选用开启式；需显示工作状态的则应选用带指示灯式；重要设备为防止无关人员误操作就需选用钥匙式。

2) 按钮颜色应根据工作状态指示和工作情况要求选择，一般停止按钮选用红色，启动按钮选用绿色或黑色。

3) 按钮数量应根据电气控制线路的需要选用。例如需要正、反和停 3 种控制，应选用 3 只按钮并装在同一按钮盒内；若只需启动及停止控制时，则选用两只按钮并装在同一按钮盒内等。

4.1.8 接近开关

1. 接近开关的作用

接近开关又称无触头行程开关，是一种用于工业自动化控制系统中以实现检测、控制并与输出环节全盘无触头化的新型开关元件。当开关接近某一物体时，即发出控制信号。它除了可以完成行程控制和限位保护外，目前还被应用于行程控制、定位控制以及各种安全保护控制等自动控制系统中。

2. 接近开关的类型及结构形式

因为位移传感器可以根据不同的原理和不同的方法做成，而不同的位移传感器对物体的“感知”方法也不同，所以常见的接近开关的类型见表 4-20。

表 4-20 接近开关的类型

类 型	说 明
无源接近开关	这种开关不需要电源，通过磁力感应控制开关的闭合状态。当磁或者铁质触发器靠近开关磁场时，依靠开关内部磁力作用控制闭合。其特点是不需要电源，非接触，免维护，环保
涡流式接近开关	也叫电感式接近开关，它是利用导电物体在靠近能产生电磁场的接近开关时，使物体内部产生涡流。这个涡流反作用到接近开关，使开关内部电路参数发生变化，由此识别出有无导电物体移近，进而控制开关的通断。这种接近开关所能检测的物体必须是导电体
电容式接近开关	这种开关的测量通常是构成电容器的一个极板，而另一个极板是开关的外壳。这个外壳在测量过程中通常是接地或与设备的机壳相连接。当有物体移向接近开关时，不论它是否为导体，由于它的接近，总要使电容的介电常数发生变化，从而使电容量发生变化，使得与测量头相连的电路状态也随之发生变化，由此便可控制开关的接通或断开。这种接近开关检测的对象，不限于导体，可以是绝缘的液体或粉状物等
霍尔接近开关	当磁性物件移近霍尔开关时，开关检测面上的霍尔元件因产生霍尔效应而使开关内部电路状态发生变化，由此识别附近有磁性物体存在，进而控制开关的通断。这种接近开关的检测对象必须是磁性物体
光电式接近开关	将发光器件与光电器件按一定方向装在同一个检测头内。当有反光面（被检测物体）接近时，光电器件接收到反射光后便有信号输出，由此便可“感知”有物体接近

(续)

类 型	说 明
热释电式接近开关	用能感知温度变化的元件做成的开关叫热释电式接近开关。这种开关是将热释电器件安装在开关的检测面上，当有与环境温度不同的物体接近时，热释电器件的输出发生变化，由此便可检测出有物体接近
超声波和微波接近开关	当观察者或系统对波源的距离发生改变时，接近到的波的频率会发生偏移，这种现象称为多普勒效应。声呐和雷达就是利用这个效应的原理制成的。利用多普勒效应可制成超声波接近开关、微波接近开关等。当有物体移近时，接近开关接收到的反射信号会产生多普勒频移，由此可以识别出有无物体接近

接近开关的结构形式较多，通常做成插接式、螺纹式、感应头外接式等，如图 4-35 所示。接近开关在技术性能方面可做到高电位输出及带延时动作。

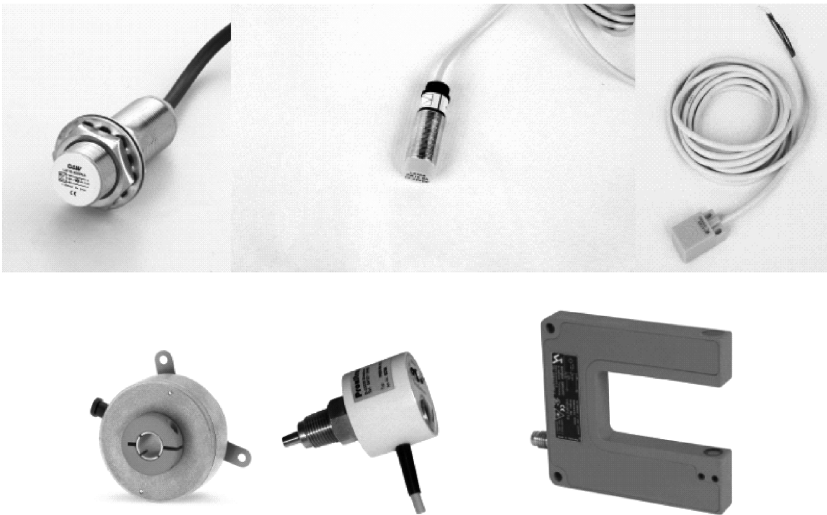


图 4-35 接近开关的结构形式

3. 接近开关的选用

对于不同材质的检测体和不同的检测距离，应选用不同类型的接近开关，以使其在系统中具有高的性能价格比。

- 1) 当检测体为金属材料时，应选用高频振荡型接近开关。该类型的接近开关对铁镍、A3 钢类检测体检测最灵敏，而对铝、黄铜和不锈钢类检测体其检测灵敏度较低。
- 2) 当检测体为非金属材料时，如木材、纸张、塑料、玻璃和水等，应选用电容型接近开关。
- 3) 金属体和非金属要进行远距离检测和控制时，应选用光电型接近开关或超声波型接近开关。
- 4) 对于检测体为金属时，若检测灵敏度要求不高时，可选用价格低廉的无源接近开关或霍尔式接近开关。



指点迷津

无论选用哪种接近开关,都应注意对工作电压、负载电流、响应频率、检测距离等各项指标的要求。

1) 在一般的工业生产场所,通常都选用涡流式接近开关和电容式接近开关。因为这两种接近开关对环境的要求条件较低。

2) 当被测对象是导电物体或可以固定在一块金属物上的物体时,一般都选用涡流式接近开关。因为它的响应频率高、抗环境干扰性性能好、应用范围广、价格较低。

3) 若所测对象是非金属(或金属)、液体、粉状物、塑料、烟草等,则应选用电容式接近开关。这种开关的响应频率低,但稳定性好。安装时应考虑环境因素的影响。

4) 若被测对象为导磁材料,把磁钢埋在被测物体内部时,应选用霍尔接近开关,因为它的价格最低。

5) 在环境条件比较好、无粉尘污染的场合,可采用光电接近开关。光电接近开关工作时对被测对象几乎无任何影响。

6) 在防盗系统中,自动门通常使用热释电式接近开关、超声波接近开关、微波接近开关。有时为了提高识别的可靠性,上述几种接近开关往往被复合使用。

4.1.9 行程开关

1. 行程开关的作用及原理

行程开关又称限位开关,属于机电元件,其工作原理与按钮相类似,不同的是行程开关的触头动作不靠手工操作,而是利用机械运动部件的碰撞使触头动作,从而将机械信号转换为电信号,再通过其他电器间接控制运动部件的行程、运动方向或进行限位保护等。

在实际生产中,将行程开关安装在预先安排的位置,当装于生产机械运动部件上的模块撞击行程开关时,行程开关的触头动作,实现电路的切换,如图4-36所示。

行程开关广泛用于各类机床和起重机械,用以控制其行程和进行终端限位保护。在电梯的控制电路中,还利用行程开关来控制开关轿门的速度、自动开关门的限位,以及轿厢的上、下限位保护。

2. 行程开关的类型

行程开关按其结构可分为直动式(按钮式)和滚轮式(旋转式),如图4-37所示。其中,滚轮式又分为单滚轮和双滚轮两种。



图4-36 行程开关在YB6012B型半自动花键轴铣床的应用

3. 行程开关的选用

选用行程开关时，应根据被控制电路的特点、要求及生产现场条件和所需触头数量、种类等因素综合考虑。

1) 根据使用场合和控制对象确定行程开关种类。例如当机械运动速度不太快时通常选用一般用途的行程开关，在机床行程通过路径上不宜装直动式行程开关而应选用凸轮轴转动式行程开关。

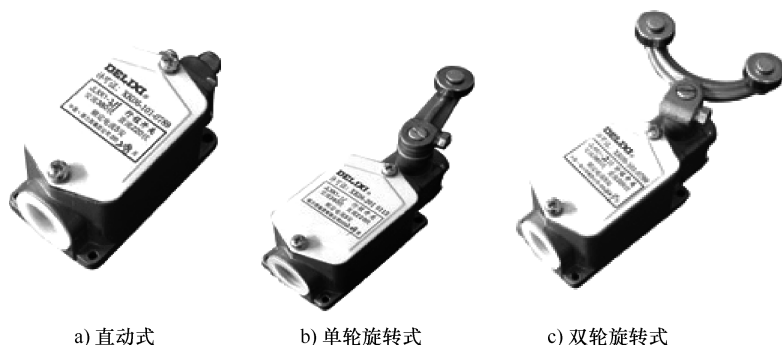


图 4-37 行程开关的种类

2) 行程开关额定电压与额定电流则根据控制电路的电压与电流选用。

3) 直动式行程开关不宜用于速度低于 0.4m/min 的场所。

4) 双滚轮行程开关具有两个稳态位置，有“记忆”作用，在某些情况下可以简化电路。

4.1.10 主令控制器

1. 主令控制器的作用

主令控制器主要用于电气传动装置中，按照预定程序换接控制电路中的主令电器，达到发布命令或其他控制线路联锁、转换的目的，如图 4-38 所示。

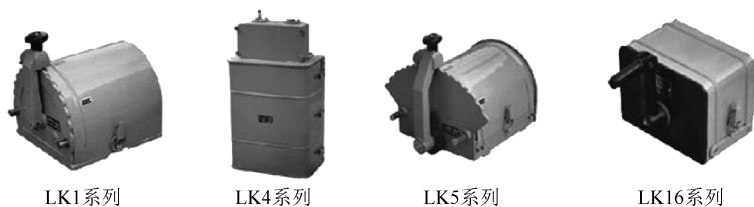


图 4-38 主令控制器

主令控制器适用于频繁对电路进行接通和切断的场合，常配合磁力起动器对绕线转异步电动机的起动、制动、调速及换向进行远距离控制，广泛用于各类起重机械的拖动电动机的控制系统中。

由于主令控制器的控制对象是二次电路，所以其触头工作电流不大。

2. 主令控制器的类型

主令控制器按其结构形式（主令能否调节）可分为两类：一类是主令可调式主令控制器；另一类是主令固定式主令控制器。前者的主令片上开有小孔和槽，使之能根据规定的触头关合图进行调整；后者的主令只能根据规定的触头关合图进行适当的排列与组合。

3. 主令控制器的结构

主令控制器一般由触头系统、操作机构、转轴、手柄、复位弹簧、接线柱等组成，如图 4-39 所示。

4. 主令控制器的选用

主令控制器主要根据使用环境、所需控制的回路数、触头闭合顺序等进行选择。

- 1) 主令控制器的控制路数要与所需控制的回路数量相同。
- 2) 触头闭合的顺序要有规则。例如，LK1-12/90 型主令控制器触头闭合的顺序如图 4-40 所示。

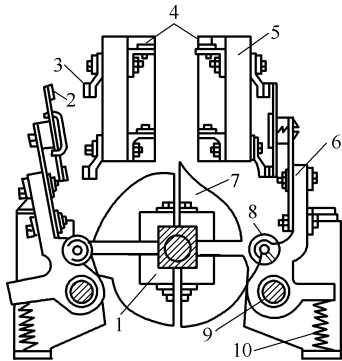


图 4-39 主令控制器的结构

1—方形转轴 2—动触头 3—静触头 4—接线柱
5—绝缘板 6—支架 7—凸轮块 8—小轮
9—转动轴 10—复位弹簧

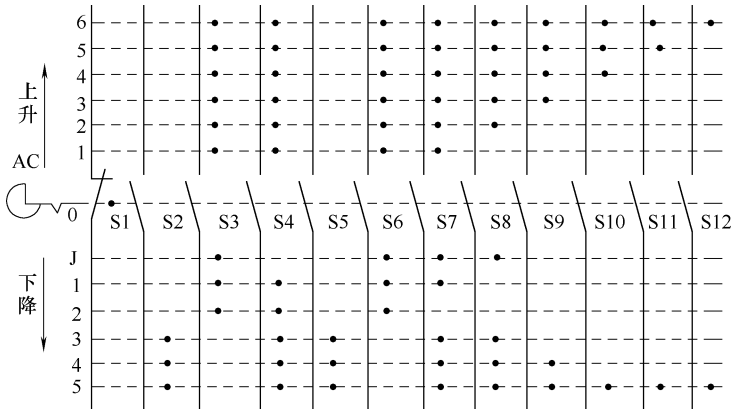


图 4-40 LK1-12/90 型主令控制器触头闭合的顺序

- 3) 长期允许电流应选择在接通或分断电路时主令控制器的允许电流范围之内。
- 4) 选用主令控制器时，也可以参考相应的技术参数进行选择。

4.2 常用高压电器的应用

4.2.1 高压断路器

1. 高压断路器的作用

高压断路器或称高压开关，在高压线路中具有控制和保护的双重作用。不仅可以切断

或闭合高压电路中的空载电流和负荷电流，而且当系统发生故障时通过继电器保护装置的作用，可自动切断过负荷电流和短路电流，它具有相当完善的灭弧结构和足够的断流能力。

2. 高压断路器的种类

高压断路器的类型见表 4-21。

表 4-21 高压断路器的类型

分 类 方 法	种 类
按灭弧装置分	油断路器、真空断路器、六氟化硫断路器
按使用场合分	户内安装式断路器、户外安装式断路器、柱（杆）上断路器

3. 常用高压断路器

(1) 油断路器

油断路器是采用绝缘油液为散热灭弧介质的高压断路器，又分多油断路器和少油断路器。户内一般使用少油断路器和柱（杆）上油断路器，如图 4-41 所示。

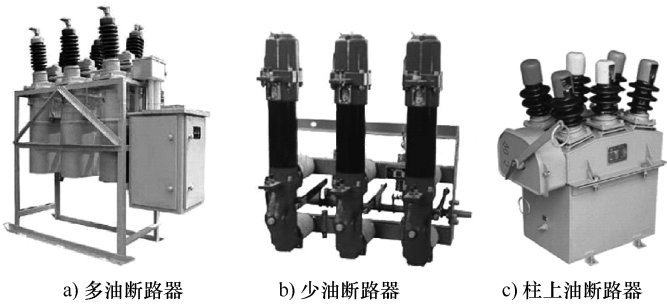


图 4-41 油断路器

(2) 真空断路器

真空断路器是将接通、分断的过程采用大型真空开关管来控制完成的高压断路器，适合于对频繁通断的大容量高压电路的控制。常用真空断路器额定电压等级有 12kV、40.5kV；额定电流规格有 630A、1000A、1250A、1600A、2000A、2500A、3150A、4000A 等。

真空断路器是目前应用最多的高压断路器，广泛用于农村高压电网、大型冶炼电弧炉、大功率高压电动机等的控制操作。

真空断路器以安装场合不同，分为户内真空断路器和户外真空断路器两类，如图 4-42 所示。户内真空断路器又分固定式与手车式；以操作的方式不同又为电动弹簧储能操作式、直流电磁操作式、永磁操作式等。

(3) 六氟化硫断路器

六氟化硫断路器在用途上与油断路器、真空断路器相同。它的特点是分断、接通的过程在无色无味的六氟化硫（SF₆，惰性气体）气体中完成。相同电容量的情况下，由六氟

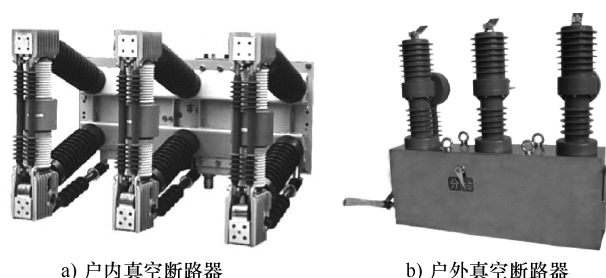


图 4-42 真空断路器

化硫为灭弧介质构成的断路器占地最少，结构最紧凑。

六氟化硫断路器的基本组件如图 4-43 所示，开关的旋转触头被封闭在其中，由侧面的操作机构进行接通、分断控制。

4. 高压断路器选用原则

为了保证高压电器在正常运行、检修、短路和过电压情况下的安全，选用高压断路器的一般原则如下：

1) 按正常工作条件包括电压、电流、频率、机械负载等选择高压断路器。

① 额定电压应符合所在回路的系统标称电压，其允许最高工作电压 $U_{\max}$ 不应小于所在回路的最高运行电压 U_y ，即 $U_{\max} \geq U_y$ 。

② 高压电器的额定电流 I_n 不应小于该回路在各种可能运行方式下的持续工作电流 I_g ，即 $I_n \geq I_g$ 。

2) 按短路条件（包括短时耐受电流、峰值耐受电流、关合和开断电流等）选择高压断路器。

3) 按环境条件（包括温度、湿度、海拔、振动等）选择高压断路器。

4) 按承受过电压能力（包括绝缘水平等）选择高压断路器。

5) 按各类高压电器的不同特点（包括开关的操作性能、熔断器的保护特性配合、互感器的负荷及准确等级等）选择高压断路器。

5. 高压断路器的操作

1) 断路器不允许带负荷合闸。因为手动速度慢，容易产生电弧，使触头烧坏。特殊需要例外，如图 4-44 所示。

2) 遥控操作断路器时，不要用力过猛，以免损坏控制开关，如图 4-45 所示。

6. 高压断路器的维护

1) 清洁维护。高压油断路器的进、出线套管应定期清扫，保持清洁，以免漏电。

2) 油箱及绝缘油检查。

① 经常检查油箱有无渗漏现象，有无变形；连接导线有无放电现象和异常过热现象。

② 绝缘油必须保持干净，要经常注意表面的油色。如发现油色发黑或出现胶质状，

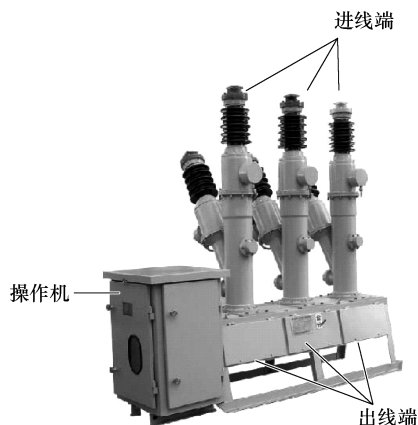


图 4-43 六氟化硫断路器的基本组件

应更换新油。

- ③ 目测油位是否正常，当环境温度为 20℃ 时，应保持在油位计的 1/2 处。

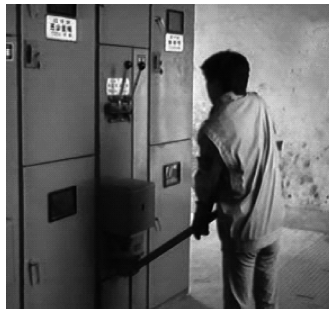


图 4-44 特殊情况时可手动操作断路器

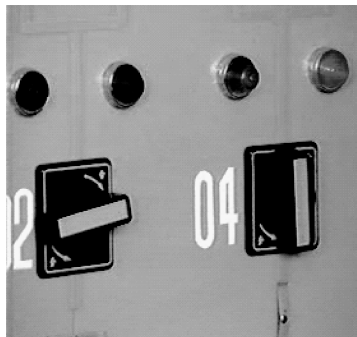


图 4-45 高压断路器的遥控开关

- ④ 定期做油样试验，每年做耐压试验一次和简化试验一次。
 ⑤ 在运行正常的情况下，一般 3~4 年更换一次新油。
 ⑥ 油断路器经过若干次（一般为 4~5 次）满容量跳闸后，必须进行解体维护。
 3) 检查通断位置的指示灯泡是否良好；若发现红绿灯指示不良，应立即更换或维修。

高压断路器口诀

高压断路器开关，控制保护能实现。
 结构复杂种类多，广泛用于供配电。
 灭弧装置较完善，操作维护较方便。
 正常情况控电路，能够快速重合电。
 故障情形断电路，特殊时通短路电。

4.2.2 高压隔离开关

1. 高压隔离开关的作用

高压隔离开关需要与高压断路器配套使用，其主要作用是在有电压无载荷情况下分断与闭合电路，起隔离电压的作用，以保证高压电器及装置在检修工作时的安全。具体来说，高压隔离开关的作用表现在以下 4 个方面：

1) 隔离电压。在检修电气设备时，用隔离开关将被检修的设备与电源电压隔离，并形成明显可见的断开间隙，以确保检修的安全。

2) 倒闸。投入备用母线或旁路母线以及改变运行方式时，常用隔离开关配合断路器，协同操作来完成。例如，在双母线电路中，可用高压隔离开关将运行中的电路从一条母线切换到另一条母线上。

3) 分、合小电流。因隔离开关具有一定的分、合小电感电流和电容电流的能力，故

一般可用来进行以下操作：

- ① 分、合避雷器、电压互感器和空载母线；
- ② 分、合励磁电流不超过 2A 的空载变压器；
- ③ 关合电流不超过 5A 的空载线路。

4) 在高压成套配电装置中，高压隔离开关常用作电压互感器、避雷器、配电所用变压器及计量柜的高压控制电器。



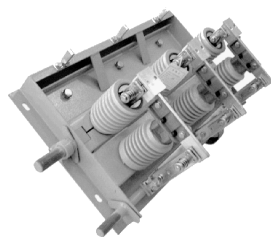
指点迷津

由于高压隔离开关没有灭弧装置，断流能力差，所以不能带负荷操作。也就是说，高压隔离开关不能用于切断、投入负荷电流和开断短路电流，仅可用于不产生强大电弧的某些切换操作。否则在高压作用下，断开点将产生强烈电弧，并很难自行熄灭，甚至可能造成飞弧（相对地或相间短路），烧损设备，危及人身安全。

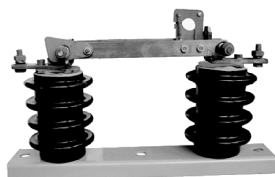
为防止误操作，电力系统中的高压隔离开关和断路器之间通常都装有联锁机构。

2. 高压隔离开关的类型

1) 按安装地点分高压隔离开关可分为户内式和户外式，如图 4-46 所示。户外式高压隔离开关常作为供电线路与用户分开的第一断路隔离开关；户内式往往与高压断路器串联，配套使用，以保证供电的可靠性。



a) 户内式



b) 户外式

图 4-46 高压隔离开关

2) 按绝缘支柱数目分，高压隔离开关可分为单柱式、双柱式和三柱式。

3) 按极数分，高压隔离开关可分为单极和三极两种。

室内配电装置一般采用户内式三极的高压隔离开关。

3. 高压隔离开关安装要求

户外式隔离开关露天安装时应水平安装，使带有瓷裙的支持瓷瓶确实能起到防雨作用；户内式隔离开关，在垂直安装时，应使静触头在上方，带有套管的可以倾斜一定角度安装。

一般情况下，静触头接电源，动触头接负荷。安装在受电柜里的隔离开关，采用电缆进线时，则电源在动触头侧，这种接法俗称“倒进火”。

隔离开关的动、静触头应对准，否则合闸时就会出现旁击现象，使合闸后动、静触头接触面压力不均匀，造成接触不良。

隔离开关的操作机构，传动机械应调整好，使分合闸操作能正常进行，没有抗劲现象。此外，还要满足三相同期的要求，即分合闸时三相动触头同时动作，不同期的偏差应小于 3mm。

处于合闸位置时，动触头要有足够的切入深度，以保证接触面积符合要求；但又不允许

合过头，要求动触头距静触头底座有 3~5mm 的空隙，否则合闸过猛时将敲碎静触头的支持瓷瓶。处于拉开位置时，动、静触头间要有足够的拉开距离，以便有效地隔离带电部分。

4. 隔离开关的日常检查

1) 运行时，随时巡视检查隔离开关的把手位置、辅助开关位置是否正确，如图 4-47 所示。

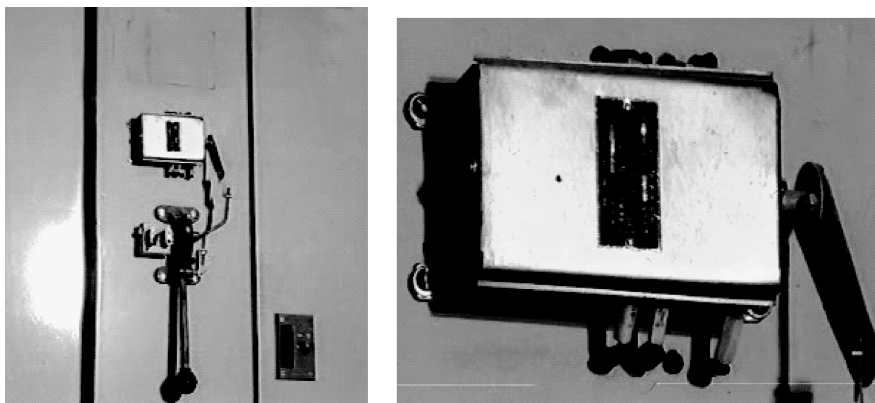
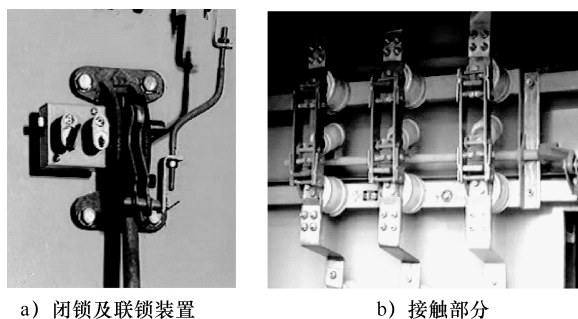


图 4-47 隔离开关的把手位置和辅助开关位置

2) 检查闭锁及联锁装置是否良好，接触部分是否可靠，如图 4-48 所示。

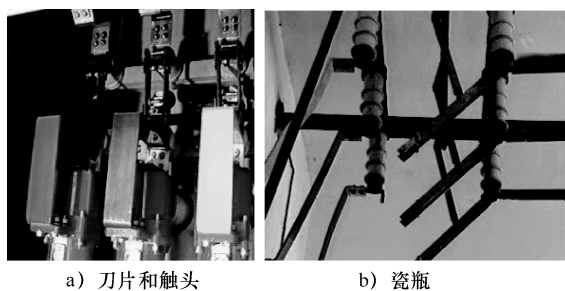


a) 闭锁及联锁装置

b) 接触部分

图 4-48 检查闭锁、联锁装置和接触部分

3) 检查刀片和触头是否清洁。检查瓷瓶是否完好、清洁，操作时是否可靠及灵活，如图 4-49 所示。



a) 刀片和触头

b) 瓷瓶

图 4-49 刀片、触头和瓷瓶的检查

5. 隔离开关的操作

1) 在手动合隔离开关时，速度要快，动作要果断，在合到底时不能用力过猛，如图 4-50 所示。

2) 在合隔离开关时如发生弧光或误合时，则应将隔离开关迅速合上。隔离开关一经合上，不要再拉开，因为带负荷拉开隔离开关会让弧光扩大使设备损坏，如图 4-51 所示。误合后，只能用断路器切断回路后，才允许将隔离开关拉开。



图 4-50 手动合隔离开关操作

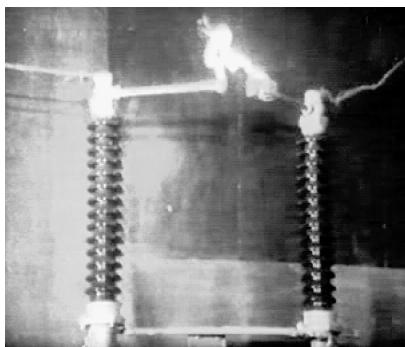


图 4-51 带负荷拉隔离开关造成设备损坏

3) 手动拉隔离开关时，应按照“慢—快—慢”的步骤进行，如图 4-52 所示。



图 4-52 拉隔离开关应“慢—快—慢”操作

4) 隔离开关操作后要检查开合位置，如图 4-53 所示。

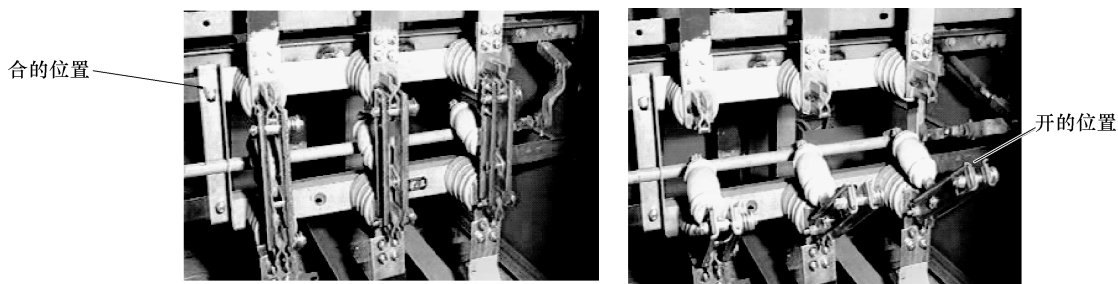


图 4-53 高压隔离开关操作后的检查

🔑 高压隔离开关操作口诀 🗒

高压隔离的开关，需要配套断路器，
为了防止误操作，联锁机构巧设计。
户外安装应水平，户内安装要垂直。
主要功能是隔离，倒闸分合小电流。
户内户外两形式，操作不能带负荷。
合闸操作要果断，分闸动作慢快慢。
如果发生误操作，冷静避免反方向。

4.2.3 高压负荷开关

1. 高压负荷开关的作用

高压负荷开关是一种功能介于高压断路器和高压隔离开关之间的高压电器。高压负荷开关常与高压熔断器串联配合使用，用于控制电力变压器。

高压负荷开关主要用于 10kV 且电流不太大的高压电路中带负荷分断、接通电路。在规定的使用条件下，高压负荷开关可以接通和断开一定容量的空载变压器（室内 315kVA，室外 500kVA），可以接通和断开一定长度的空载架空线路（室内 5km，室外 10km），还可以接通和断开一定长度的空载电缆线路。

2. 高压负荷开关的性能特点

- 1) 高压负荷开关具有简单的灭弧装置和一定的分合闸速度，在额定电压和额定电流的条件下，能通断一定的负荷电流和过负荷电流。
- 2) 高压负荷开关不能断开超过规定的短路电流，通常要与高压熔断器串联使用，借助熔断器来进行短路保护，这样可代替高压断路器。
- 3) 高压负荷开关有明显的断开点，多用于固定式高压设备。
- 4) 高压负荷开关一般以手动方式操作。

3. 高压负荷开关的类型及结构特点

高压负荷开关的种类较多，主要有固体产气式、压气式、压缩空气式、SF₆ 式、油浸式、真空式高压负荷开关等 6 种，见表 4-22。

表 4-22 高压负荷开关的类型

种 类	说 明
固体产气式高压负荷开关	利用开断电弧本身的能量使弧室中的产气材料产生气体来吹灭电弧，其结构较为简单，适用于 35kV 及以下的产品
压气式高压负荷开关	利用开断过程中活塞的压气吹灭电弧，其结构也较为简单，适用于 35kV 及以下的产品
压缩空气式高压负荷开关	利用压缩空气吹灭电弧，能开断较大的电流，其结构较为复杂，适用于 60kV 及以上的产品

(续)

种 类	说 明
SF ₆ 式高压负荷开关	利用 SF ₆ 气体灭弧，其开断电流大，开断性能好，但结构较为复杂，适用于 35kV 及以上的产品
油浸式高压负荷开关	利用电弧本身能量使电弧周围的油分解气化并冷却熄灭电弧，其结构较为简单，但重量大，适用于 35kV 及以下的户外使用的产品
真空式高压负荷开关	利用真空介质灭弧，电寿命长，相对价格较高，适用于 220kV 及以下的产品

在 10kV 供电线路中，目前较为流行的是产气式、压气式和真空式高压负荷开关，其特点见表 4-23。在国家标准中，高压负荷开关被分为一般型和频繁型两种。产气式和压气式高压开关均属于一般型，而真空式属于频繁型。

表 4-23 三种高压负荷开关的特点

类 型	结 构	机械寿命/次
产气式	简单，有可见断口	2000
压气式	较复杂，有见可断口	2000
真气式	复杂，无可见断口	10000

常用高压负荷开关如图 4-54 所示。



图 4-54 常用高压负荷开关

4. 高压负荷开关的选用条件和原则

选用高压负荷开关，必须满足额定电压、额定电流、开断电流、极限电流及热稳定度等 5 个条件。

高压负荷开关的选用原则是：从满足配电网安全运行的角度出发，在满足功能的条件下，应尽量选择结构简单、价格便宜、操作功率小的产品。换言之，能选用一般型就不选用频繁型；在一般型中，能使用产气式尽可能不用压气式。

5. 高压负荷开关的使用

- 1) 高压负荷开关应垂直安装，开关框架、合闸机构、电缆外皮、保护钢管均应可靠接地（不能串联接地）。
- 2) 高压负荷开关运行前应进行数次空载分闸、合闸操作，各转动部分应无卡阻。合闸应到位，分闸后有足够的安全距离。

- 3) 与高压负荷开关串联使用的熔断器熔体应选配得当, 即应使故障电流大于高压负荷开关的开断能力时保证熔体先熔断, 然后高压负荷开关才能分闸。
- 4) 高压负荷开关合闸时应接触良好, 连接部无过热现象。
- 5) 巡检时, 应注意检查有无瓷瓶脏污、裂纹、掉瓷、闪烁放电等现象。此外, 高压负荷开关不能用水冲 (户内式)。
- 6) 一台高压柜控制一台变压器时, 更换熔断器时最好将该回路高压柜停运。

高压负荷开关记忆口诀

高压负荷开关件, 手动方式来操作。
灭弧装置较简单, 带载分接控电路。
串联高压熔断器, 代替高压断路器。
常用开关有六种, 五个条件来选用。

4.2.4 高压熔断器

1. 高压熔断器的作用

高压熔断器是一种最简单的短路保护电器, 当电路或电路中的设备过载或发生故障时, 其所在电路的电流超过规定值并经一定时间后, 熔件发热而熔化, 从而切断电路、分断电流, 达到保护电路或设备的目的。

高压熔断器串联在被保护电路及设备中 (例如, 高压输电线路、电力变压器、电压互感器等电气设备), 主要用来进行短路保护, 但有的也具有过负荷保护功能。

2. 高压熔断器的类型

根据安装条件不同, 高压熔断器可分为户内管式高压熔断器和户外跌落式高压熔断器。

(1) 户内管式高压熔断器

户内管式高压熔断器属于固定式的高压熔断器, 如图 4-55 所示。

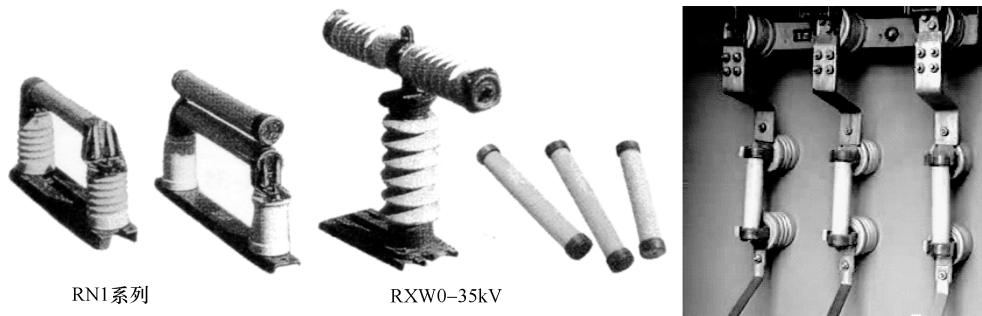


图 4-55 户内管式高压熔断器

户内管式高压熔断器一般采用有填料的熔断管，通常为一次性使用。户内管式高压熔断器的基本结构如图 4-56 所示。

(2) 户外跌落式高压熔断器

户外跌落式高压熔断器主要作为 3 ~ 35kV 电力线路和变压器的过负荷和短路保护。

户外跌落式高压熔断器主要由绝缘瓷套管、熔管、上下触头等组成，如图 4-57 所示。熔体由铜银合金制成，焊在编织导线上，并穿在熔管内。正常工作时，熔体可使熔管上的活动关节锁紧，故熔管能在上触头的压力下处于合闸状态。

3. 跌落式高压熔断器的应用

跌落式高压熔断器在 35kV、10kV 的供配电中常被安装在电力变压器的高压进线一侧，它既是熔断器又是可兼作变压器的检修隔离开关，如图 4-58 所示。

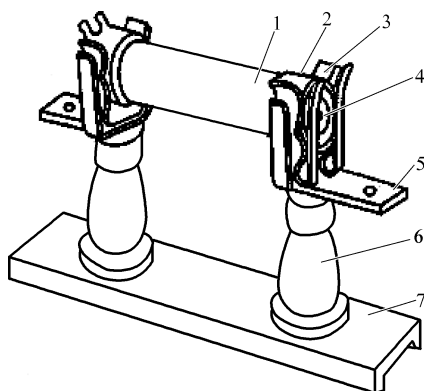


图 4-56 RN1、RN2 型管式高压熔断器基本结构

1—瓷熔管 2—金属管帽 3—弹性触座 4—熔断指示器
5—接线端子 6—瓷绝缘子 7—底座

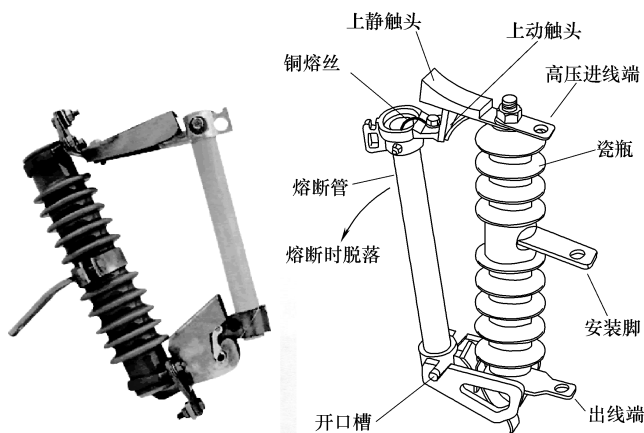


图 4-57 户外跌落式高压熔断器的结构

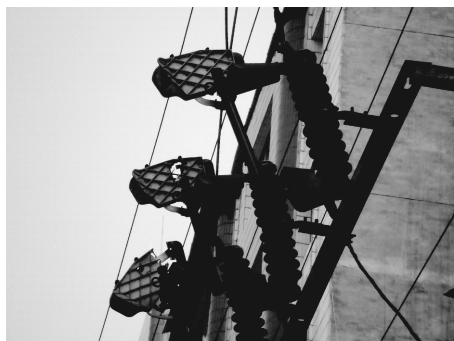


图 4-58 户外跌落式熔断器的安装位置

跌落式熔断器使用专门的铜熔丝，在发生短路熔断后可更换。更换时，选用的熔丝应与原来的规格一致，如图 4-59 所示。

跌落式熔断器熔丝的选择，按配电变压器内部或高、低压出线管发生短路时能迅速熔断的原则来进行选择，熔丝的熔断时间必须小于或等于 0.1s。

配电变压器容量在 100kVA 以下者，高压侧熔丝额定电流按变压器容量额定电流的 2 ~ 3 倍选择；容量在 100kVA 以上者，高压熔丝额定电流按变压器容量额定电流的 1.5 ~ 2 倍选择；变压器低压侧熔丝按低压侧额定电流选择。



图 4-59 更换熔丝操作

4. 跌落式熔断器的分闸、合闸操作

1) 分闸时，用专用的绝缘杆操作鸭嘴，顺序为先分中间相，再分两边相，如图 4-60 所示。

2) 合闸时，用专用绝缘杆操作熔丝管的上环，对准鸭嘴用力快速合拢。顺序为先中间相，后两边相，如图 4-61 所示。



图 4-60 分闸操作

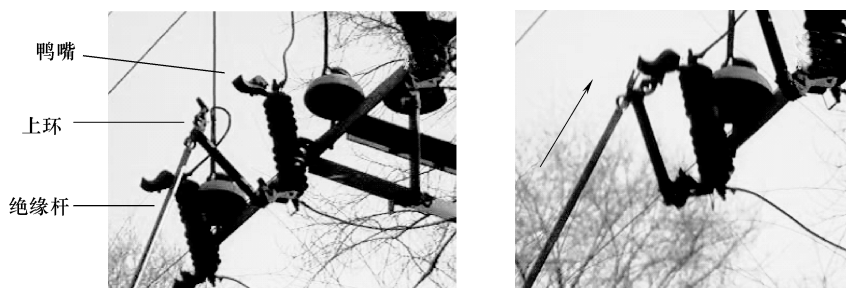


图 4-61 合闸操作

3) 不允许带负荷分闸、合闸高压熔断器。



指点迷津

跌落式熔断器分闸合闸操作注意事项如下：

1) 操作时由两人进行（一人监护，一人操作），但必须佩戴经试验合格的绝缘手套，穿绝缘靴、戴护目眼镜，使用与电压等级相匹配的合格绝缘棒进行操作。在雷电或者大雨的天气下禁止操作。

2) 在分闸操作时，一般规定为先拉断中间相，再拉背风的边相，最后拉断迎风的边相。这是因为配电变压器由三相运行改为两相运行，拉断中间相时所产生的电弧火花最小，不致造成相间短路。其次是拉断背风边相，因为中间相已被拉开，背风边相与迎风边相的距离增加了一倍，即使有过电压产生，造成相间短路的可能性也很小。最后拉断迎风边相时，仅有对地的电容电流，产生的电火花则已很轻微。合闸时的操作顺序分闸时相反，先合迎风边相，再合背风的边相，最后合上中间相。

3) 分闸、合闸熔断器时要用力适度。合好后，要仔细检查鸭嘴舌头应能紧紧扣住舌头长度2/3以上，可用分闸杆钩住上鸭嘴向下压几下，再轻轻试拉，检查是否合好。合闸时未能到位或未合牢靠，熔断器上静触头压力不足，极易造成触头烧伤或者熔断器自行跌落。

5. 跌落式熔断器的运行维护

(1) 日常运行维护管理

1) 熔断器的每次操作须仔细认真，不可粗心大意，特别是合闸操作，必须使动、静触头接触良好。

2) 熔管内必须使用标准熔体，禁止用铜丝铝丝代替熔体，更不准用铜丝、铝丝及铁丝将触头绑扎住使用。

3) 熔体熔断后应更换新的同规格熔体，不可将熔断后的熔体连接起来再装入熔管继续使用。

4) 应定期对熔断器进行巡视，每月不少于一次夜间巡视，查看有无放电火花和接触不良现象。若有放电情况，会伴有“嘶嘶”的响声，要尽早安排处理。

(2) 停电检修时的检查

1) 检查静、动触头接触是否吻合，紧密完好，有无烧伤痕迹。

2) 检查熔断器转动部位是否灵活，有无锈蚀、转动不灵等异常，零部件是否损坏、弹簧有无锈蚀。

3) 检查熔体本身是否受到损伤，经长期通电后有无发热伸长过多变得松弛无力。

4) 检查熔断器经多次动作产气用消弧管是否烧伤及日晒雨淋后是否有损伤变形、长度是否缩短。

5) 清扫绝缘子并检查有无损伤、裂纹或放电痕迹，拆开上、下引线后，用2500V绝缘电阻表测量绝缘电阻应大于300MΩ。

6) 检查熔断器上下连接引线有无松动、放电、过热现象。

4.2.5 电压互感器

1. 电压互感器的作用

电压互感器其实就是一个带铁心的变压器，如图4-62所示。电压互感器将高电压按比例转换成低电压。电压互感器一次侧接在一次系统，二次侧接测量仪表、继电保护装置等。

电压互感器本身的阻抗很小，一旦二次侧发生短路，电流将急剧增长而烧毁线圈。为此，电压互感器的一次侧接有熔断器，二次侧可靠接地，以免一次侧、二次侧绝缘损毁时，二次侧出现对地高电位而造成人身和设备事故。

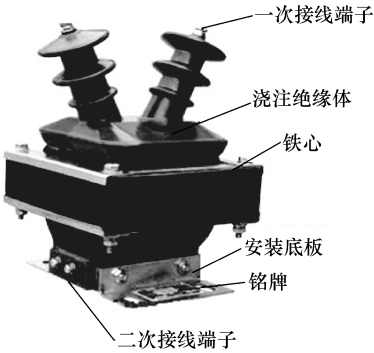


图 4-62 电压互感器



指点迷津

电压互感器和变压器都是用来变换线路上电压的。变压器变换电压的目的是为了输送电能，因此容量很大，一般都是以千伏安或兆伏安为计量单位；而电压互感器变换电压的目的，主要是用来给测量仪表和继电保护装置供电，用来测量线路的电压、功率和电能，或者用来在线路发生故障时保护线路中的贵重设备、电动机和变压器，因此电压互感器的容量很小，一般都只有几伏安、几十伏安，最大也不超过1kVA。

2. 电压互感器的种类

电压互感器的种类见表4-24。

表 4-24 电压互感器的种类

分类方法	种 类	说 明
按安装地点分	户内式，户外式	35kV 及以下一般为户内式，35kV 以上一般为户外式
按相数分	单相式，三相式	35kV 及以上不能制成三相式
按绕组数目分	双绕组式，三绕组式	三绕组电压互感器除一次侧和基本二次侧外，还有一组辅助二次侧，供接地保护用
按绝缘方式分	干式	结构简单、无着火和爆炸危险，但绝缘强度较低，只适用于6kV以下的户内式配电装置
	浇注式	结构紧凑、维护方便，适用于3~35kV户内式配电装置
	油浸式	绝缘性能较好，可用于10kV以上的户外式配电装置
	充气式	用于SF6全封闭电器中

3. 电压互感器的接线方式

(1) V_V 接线方式

如图 4-63 所示, V_v 接线方式广泛用于中性点绝缘系统或经消弧线圈接地的 35kV 及以下的高压三相系统。特别是 10kV 三相系统。接线来源于三角形接线, 只是“口”没闭住, 因此称为 V_v 接。这种接线方式可以节省一台电压互感器, 可满足三相有功、无功电能计量的要求, 但不能用于测量相电压, 不能接入监视系统绝缘状况的电压表。

(2) Y_{yn} 接线方式

Y_{yn} 接线方式如图 4-64 所示, 主要采用三铁心柱三相电压互感器, 多用于小电流接地的高压三相系统, 二次侧中性接线引出接地。这种接线方式为了防止高压侧单相接地故障, 高压侧中性点不允许接地, 故不能测量对地电压。

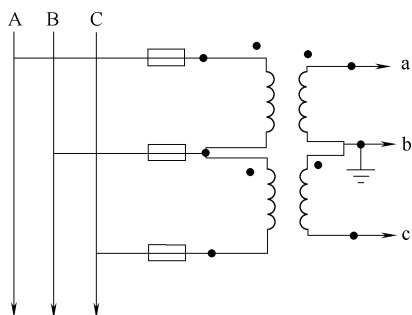


图 4-63 电压互感器的 V_v 接线方式

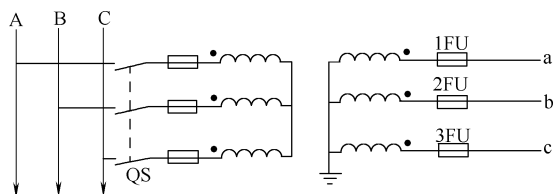


图 4-64 电压互感器的 Y_{yn} 接线方式

(3) YN_{yn} 接线方式

YN_{yn} 接线方式如图 4-65 所示, 多用于大电流接地系统。

(4) $YN_{yn} d0$ 接线方式

$YN_{yn} d0$ 接线方式也称为开口三角接线, 在正常运行状态下, 开口三角的输出端上的电压均为零, 如果系统发生一相接地时, 其余两个输出端的出口电压为每相剩余电压绕组二次电压的 3 倍。这样便于交流绝缘监视电压继电器的电压整定, 但此接线方式在 10kV 及以下的系统中不采用。

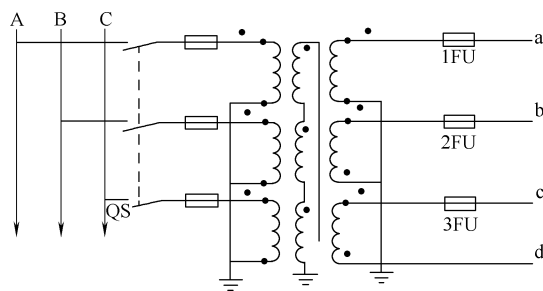


图 4-65 电压互感器的 YN_{yn} 接线方式

4. 电压互感器应用注意事项

1) 电压互感器在投入运行前要按照规定的项目进行试验检查。例如, 测极性、联结组标号、测绝缘电阻、核相序等。

2) 电压互感器的接线应保证其正确性, 一次绕组和被测电路并联, 二次绕组应和所接的测量仪表、继电保护装置或自动装置的电压线圈并联, 同时要注意极性的正确性。

3) 接在电压互感器二次侧的负荷不应超过其额定容量, 否则会使互感器的误差增大, 难以达到测量的正确性。

4) 电压互感器二次侧不允许短路。由于电压互感器内阻抗很小,若二次回路短路时,会出现很大的电流,将损坏二次侧设备甚至危及人身安全。电压互感器可以在二次侧装设熔断器以保护其自身不因二次侧短路而损坏。在可能的情况下,一次侧也应装设熔断器以保护高压电网不因互感器高压绕组或引线故障危及一次系统的安全。

5) 为了确保人在接触测量仪表和继电器时的安全,电压互感器二次绕组必须有一点接地。因为接地后,当一次和二次绕组间的绝缘损坏时,可以防止仪表和继电器出现高电压危及人身安全。



指点迷津

为了确保安全,电压互感器的二次绕组连同铁心必须可靠接地,二次侧绝对不容许短路。

4.2.6 电流互感器

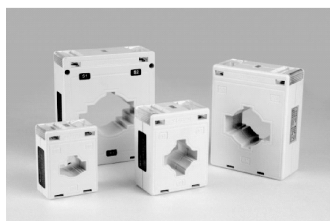
1. 电流互感器的作用

电流互感器的作用是可以把数值较大的一次电流通过一定的电流比转换为数值较小的二次电流,用来进行保护、测量等。如电流比为 400/5 的电流互感器,可以把实际为 400A 的电流转变为 5A 的电流。

在供配电线路中,电流互感器还具有电气隔离作用。

2. 电流互感器的类型

电流互感器大致可分为两类,测量用电流互感器(作为交流电流信号采集元件,一般与电气测量仪表配套使用)和保护用电流互感器(给保护继电器传递信息的电流互感器),如图 4-66 所示。



a) 测量用电流互感器



b) 保护用电流互感器

图 4-66 电流互感器

3. 电流互感器的应用注意事项

1) 电流互感器的接线应遵守串联原则,即一次绕组应与被测电路串联,而二次绕组则与所有仪表负载串联。

2) 按被测电流大小,选择合适的电流比,否则误差将增大。同时,二次侧一端必须接地,以防绝缘损坏时,一次侧高压窜入二次低压侧,造成人身和设备事故。

3) 二次侧绝对不允许开路。因为二次侧一旦开路,一次侧电流全部成为磁化电流,造成铁心过度饱和磁化,发热严重,甚至烧毁线圈。同时,磁路过度饱和磁化后,会使误差增大。电流互感器在正常工作时,二次侧近似于短路,若突然使其开路,则励磁电动势由数值很小的值骤变为很大的值,铁心中的磁通呈现严重饱和的平顶波,因此二次侧绕组将在磁通过零时感应出很高的尖顶波,其值可达到数千甚至上万伏,危及工作人员的安全及仪表的绝缘性能。

另外,二次侧开路会使二次侧电压达几百伏,一旦触及将造成触电事故。因此,电流互感器二次侧都备有短路开关,防止二次侧开路。在使用过程中,二次侧一旦开路应马上撤掉电路负载,然后,再停车处理。一切处理好后方可使用。

4) 为了满足测量仪表、继电保护装置、断路器失灵判断和故障滤波等装置的需要,在发电机、变压器、母线分段断路器、母线断路器、旁路断路器等回路中均应设 2~8 个二次绕组的电流互感器。对于大电流接地系统,一般按三相配置;对于小电流接地系统,依具体要求按二相或三相配置。

5) 对于保护用电流互感器的装设地点,若有两组电流互感器,且位置允许时,应设在断路器两侧,使断路器处于交叉保护范围之内。

6) 电流互感器通常布置在断路器的出线或变压器侧。

7) 为了减轻发电机内部故障时的损伤,用于自动调节励磁装置的电流互感器应布置在发电机定子绕组的出线侧。为了便于分析和在发电机并入系统前发现内部故障,用于测量仪表的电流互感器宜装在发电机中性点侧。

4. 电流互感器的接线

电流互感器在三相电路中的几种常见接线方案如图 4-67 所示。

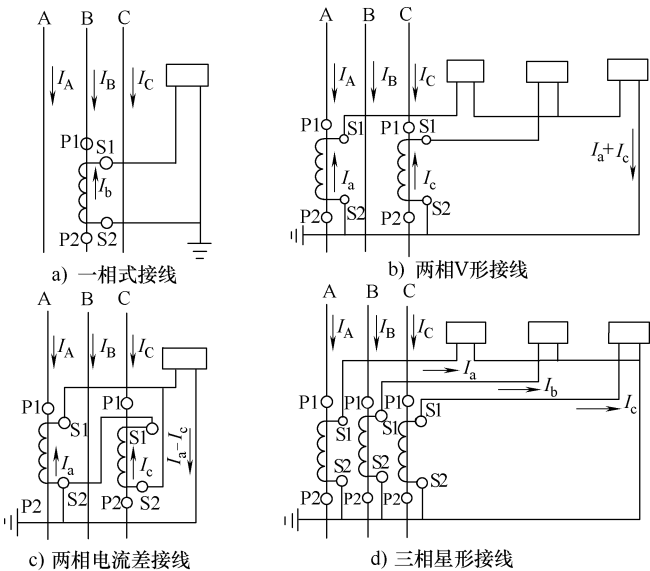


图 4-67 三相电路中电流互感器的接线方式

(1) 一相式接线

该接线方式电流线圈通过的电流，反映一次电路相应相的电流。通常在负荷平衡的三相电路如低压动力线路中，供测量电流、电能或接过负荷保护装置之用。

(2) 两相 V 形接线

该接线方式也称为两相不完全星形接线。在继电保护装置中称为两相两继电器接线。在中性点不接地的三相三线制电路中，广泛用于测量三相电流、电能及作为过电流继电保护。两相 V 形接线的公共线上的电流反映的是未接电流互感器那一相的相电流。

(3) 两相电流差接线

在继电保护装置中，这种接线也称为两相一继电器接线。该接线方式用于中性点不接地的三相三线制电路中，作为过电流继电保护之用。该接线方式电流互感器二次侧公共线上的电流量值为相电流的 $\sqrt{3}$ 倍。

(4) 三相星形接线

这种接线方式中的三个电流线圈，正好反映各相的电流。广泛用在负荷一般不平衡的三相四线制系统中，如图 4-68 所示；也常用在负荷可能不平衡的三相三线制系统中，作为三相电流、电能测量及过电流继电保护之用。

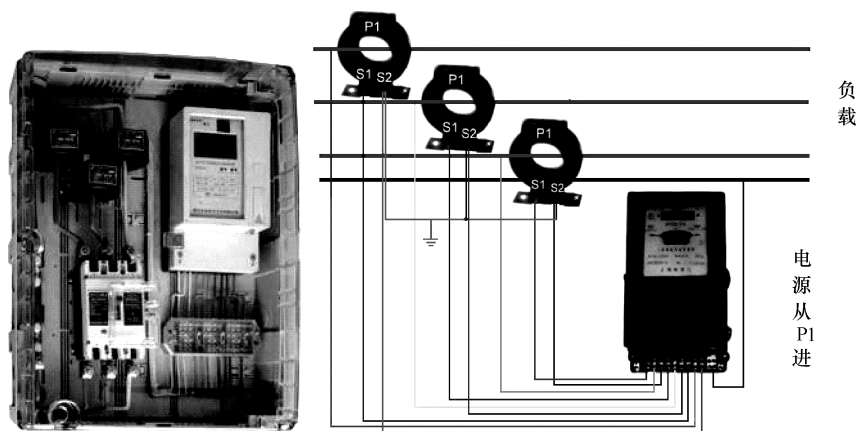


图 4-68 三相四线电能表互感器接线

供配电线路及装置应用技能

5.1 低压架空线路施工

5.1.1 杆位定位和挖坑

1. 杆位测量与定位

一般常用的测量方法有标杆测量法和仪器测量法。标杆测量法适用于各种条件的线路，特别适用于对长直线及线路转角处进行测量；用经纬仪测量不易偏离路径，杆位较准且效率高，如图 5-1 所示。使用经纬仪器对线路定测的步骤及方法如下：

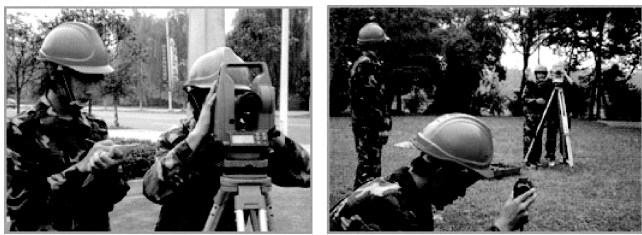


图 5-1 用经纬仪测量杆位

1) 确定直线段线路中心线。在线路控制点的标桩上，稳固安放经纬仪，将其对中、调平，使水平度盘中心位于标桩的铅垂线上；然后瞄准直线另一端控制点上设置的标杆，读取水平度盘的读数，并做好记录。

2) 线路转角测定。将经纬仪平稳安放于线路转角点，并对中、调平；然后分别测定线路的中心线和记录水平度盘的读数。两读数之差，即为线路的水平转角的度数。

为保证水平转角度测量的准确度，消除仪器的误差，需采取两次复测，取两次读数的平均值。

3) 定杆位。具体步骤如下：

① 档距测量，用测量绳顺着确定的线路中心线，量出每根电杆之间的设计档距；将数根标杆连续立在中心线上。

② 用经纬仪（或目测）指挥各标杆成一直线，然后在标杆处钉上杆位标桩，如图 5-2 所示。

③ 在杆位标桩顶部用红漆做上标记，其侧面注明杆号，并做好记录；然后在线路中心线上距杆桩 3m 处钉上辅助标桩。

④ 向前延伸时，将第一根标杆移到最前面，与原来的标杆成一直线，中间依次插入标杆，轮流移杆逐步向前延伸。

4) 确定杆高。根据电线路的实际情况，确定电杆的规格和型号；当线路必须跨越其他架空线路时，应用视距测高仪测量交叉点的高度；依据交叉点高度及交叉跨越的距离，选定杆型。



图 5-2 钉桩

 指点迷津

杆位测量时，如人手够用，应每一点处立一标杆；人少时，可一人立标杆一人观察。观察时标杆必须垂直立于地面，以减小误差。

2. 画线和挖坑

画线也叫分坑，也就是在地面用白灰画出开挖的尺寸。

挖坑时，可根据实际情况采用人工挖坑或者机械挖坑。目前采用机械挖坑居多，即用挖坑机直接向地面钻孔，可提高施工效率。只有在一些机械不能到达的地方，才采用人工挖坑。如果采用人工立杆，坑应为带马道的坑形，即在顺着电杆起吊的方向，将电杆坑向上斜着开启的一个槽，如图 5-3 所示。

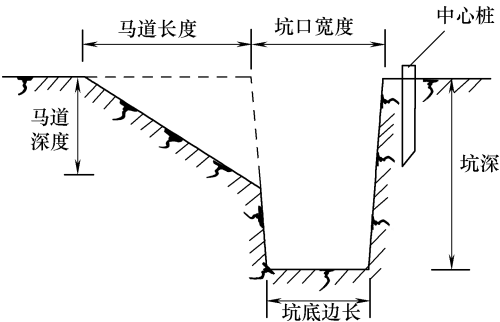


图 5-3 带马道的坑示意图

挖坑时，要根据电杆埋设深度的要求（见表 5-1）决定坑的深度。电杆埋设深度应根据电杆的长度、承受力的大小和土质情况来确定。一般为杆长的 1/6，但最浅不得小于 1.5m；变台杆不应小于 2m。

表 5-1 电杆埋设深度表

杆长/m	8	9	10	11	12	13	15
埋深/m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3



指点迷津

- 1) 挖杆坑时，若坑基土质不良可挖深后换好土夯实或加枕木。
- 2) 坑底要踏平夯实，分层埋土也要夯实，多余土要堆积压紧在电杆根部。
- 3) 挖坑时，应注意地下各种工程设施，如地下电缆、地下管道等，应与这些设施保持一定的距离。
- 4) 土质松软的地段，要采取防止塌方措施。

5.1.2 立杆

立杆的方法有人工立杆、机械立杆和半机械立杆。

1. 人工立杆

人工立杆一般是采用架腿（俗称戗杆）立杆，其工具简单，不受地形限制，单杆双杆都可采用。因此，在起重机不能到达的地方或无条件使用起重机时，都采用人工立杆。

人工立杆的操作方法见表 5-2。

表 5-2 人工立杆的操作方法

序 号	操作方法及说明
1	将一块厚度大于 80mm、宽度约为 500mm、长度约为 3m 的硬木板（滑板）置于坑内靠木桩侧，宽面面向线路方向，在坑内稍倾斜一点即可，下部与底盘顶死
2	将杆置于坑口边马道侧，然后众人将杆上半部抬起，底部便滑入木板并顶在木板上，这时将顶部系四根大绳，并按四个方向（顺线路前后左右）撒开，每绳一人，如图 5-4 所示
3	将铁棒置于杆下，尽力把杆抬起，另一铁棒再置于靠近杆根部一侧，尽力抬杆，轮番进行，尽量使杆与地平的角大一点。同时两人抱住杆的根部，使其顺木板下滑而不移位，要避免使杆顶在坑边的土坡上，一直到杆立起为止，并保证使杆落于底盘中心上
4	两人各用一只手扶住小架腿上部，另一只手握住把手，将其两杆下部分开，用上部咬住已抬起的电杆，然后增加为四人，每两人持小架腿的一杆，四人同时用力向前并向上将杆支起，所有抬杆人撤掉，分散到大绳处并握住大绳，起立方向上的大绳要人多一些
5	四人再用力使杆抬得更高一点，直至架腿与地面基本垂直；另外四人以同样方法持大架腿并将下腿分开，将上部咬住小架脚支点上部的杆（两架腿不要咬在一起），这时大架腿用力支起，小架腿即松开，再将其移置于接近杆根的部位；然后两架腿同时用力，起立方向的大绳也一同用力，喊上号子，步调一致，将杆支起更大的角度，直至大架腿与地面基本垂直；这时小架再稍用力支一点，大架腿即松开，并将其落于小架腿支点之上，再用力支起，小架腿即松开，再移置于杆根部位，同时用力，就这样一倒一倒将杆支起；使杆与地面角度约为 80°，起立方向大绳用力撑紧
6	大架腿稍用力一点，小架松开，并延杆体转动 180°，与大架腿对称将杆夹住。这时大架腿和大绳同时用力，将杆立于垂直。这时四根大绳和两副架腿同时将杆撑住
7	从大面、小面将杆找正，大面如根部偏移较小，可用前述方法转杆使其位移，直至到底盘；头部偏移用大绳调整，找正后将木板抬出即可埋土。如根部偏差较大时，应将石块置于坑中作为支点，然后用滑板当做杠杆撬动杆的根部移动，如图 5-5 所示

(续)

序 号	操作方法及说明
8	埋土至装上卡盘后，才允许将架腿松开撤掉，前移至另一基坑。架腿立杆如图 5-6 所示。 注意，人工立杆要不惜人力
9	双杆架腿立杆与单杆相同，只是需要四副架腿、两块滑板、两根大绳，人员要增加一倍， 要用两块滑板同动撬动杆根，调整较大偏差



图 5-4 用架脚将杆端支起



图 5-5 用木滑板撬动杆根部移位



a) 支架腿



b) 倒架腿



c) 立起后

图 5-6 架腿立杆

2. 机械立杆

机械立杆一般用汽车吊，15m 以上的杆采用汽车液压吊，如图 5-7 所示。立杆的顺序通常从始端或终端开始，也可以某一耐张段或转角开始。



图 5-7 起重机立杆

起重机立杆作业内容及步骤见表 5-3。

表 5-3 起重机立杆作业内容及步骤

序 号	作 业 内 容	作业步骤及标准
1	检查工具、机具	正确佩戴使用个人安全用具
2	选择电杆重心，起吊电杆将电杆运到杆坑附近	使用起重机立、撒杆时，钢丝绳套应吊在杆的适当位置以防止电杆突然倾倒（钢丝绳索系在杆高 3/5 处，使下部重一点，上部轻一点，并用吊钩吊好）
3	起吊电杆缓慢进行，到 1m 高度，组装横担	（1）单横担在电杆上的安装位置一般在线路编号的大号侧；承力单横担与线路方向垂直，30° 及以下转角杆横担应与角平分线方向一致 （2）横担安装应平直，上下歪斜或左右（前后）扭斜的最大偏差应不大于横担长度的 1%
4	电杆起立离地后，应对各着力点处做一次全面检查，确无问题后，再继续起立。起立 60° 后，应减缓速度，注意各侧拉线，并应执行“起重”的规定	采用汽车吊起重时，当重物吊离地面后，工作负责人应再检查各受力部位，无异常情况后方可正式起吊
5	电杆下落时对准杆位，一次完成，回填土未完时不得拆除临时拉绳或摘除吊钩	（1）电杆根部中心与线路中心线的横向位移：直线杆不得大于 50mm，转角杆应向内角侧预偏 100mm （2）导线紧好后，直线杆顶端在各方向的最大偏移不得超过杆长的 0.5%，转角杆应向外角中心线方向倾斜 100 ~ 200mm；终端杆不应向导线侧倾斜，应向拉线侧倾斜 100 ~ 200mm （3）承力杆的挠度不应大于 3‰
6	新埋设的电杆夯实回填上，做好防沉台	回填土每升高 500mm，夯实一次，防沉台应高出地面 300mm，如图 5-8 所示。如果是在街道立杆，可以不做防沉台

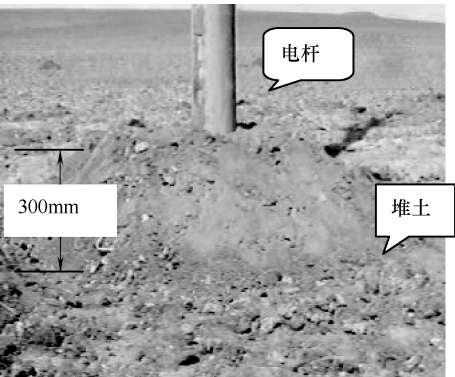


图 5-8 电杆立起后的基础



指点迷津

起重机立杆的危险点分析及控制措施见表 5-4。

表 5-4 起重机立杆的危险点分析及控制措施

序 号	危险点分析	控 制 措 施
1	防止倒杆	(1) 立、撤杆工作要设专人统一指挥，开工前讲明施工方法。在居民区和交通道路附近进行施工应设专人看守 (2) 要使用合格的起重设备，严禁超载使用 (3) 电杆起离地面后，应对各部着力点做一次全面检查，无问题后再继续起立。起立 60° 后应减缓速度，注意各侧拉绳，特别控制好侧头部拉绳防止过牵引 (4) 起重机起吊钢丝绳扣子应调绑在杆的适当位置，防止电杆突然倾倒
2	防止高空坠落	(1) 攀登杆塔前检查脚钉是否牢固可靠 (2) 杆塔上转移作业位置时，不得失去安全带保护，杆塔上有人工作时，不得调整或拆除拉线
3	防止坠落物伤人	现场人员必须戴好安全帽。杆塔上作业人员要防止掉东西，使用工器具、材料等应装在工具袋里，工器具的传递要使用传递绳。杆塔下方禁止行人逗留
4	防止砸伤	(1) 起重机的吊臂下严禁有人逗留，立杆过程中坑内严禁有人，除指挥人及指定人员外，其他人远离电杆 1.2 倍杆高的距离以外 (2) 修坑时，应有防止杆身滚动、倾斜的措施 (3) 利用钢钎做地锚时，应随时检查钢钎受力情况，防止过牵引将钢钎拔出 (4) 已经立起的电杆只有在杆基回填土全部夯实，并填起 300mm 的防沉台后方可撤去叉杆和拉绳

3. 半机械立杆

半机械立杆与机械立杆比较，只是起吊方法不同，其他程序方法基本相同。

半机械立杆的方法很多，大都采用固定式人字抱杆，这种方法安全可靠。

注意，在选取抱杆时，要使材质和直径合理，安全系数要适当大一点，否则抱杆重量过大会给移动带来不便。

固定式人字抱杆吊装方法如图 5-9 所示，其他同机械立杆。

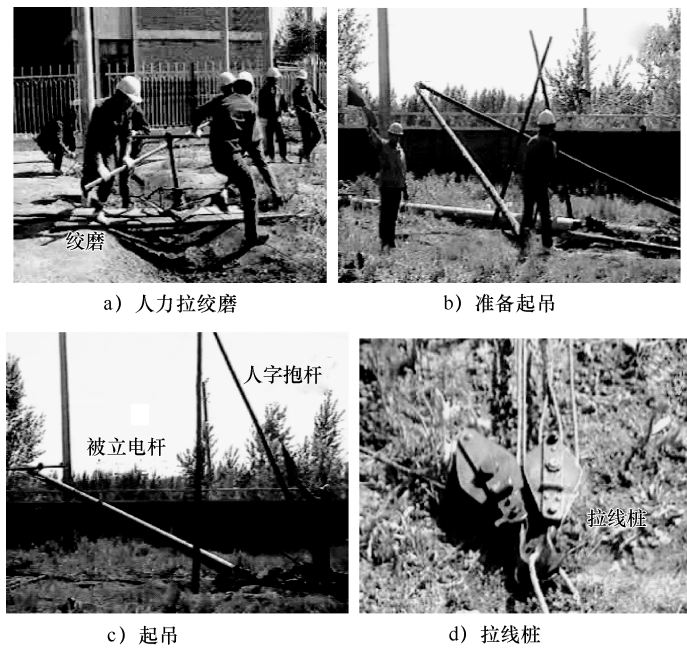


图 5-9 固定式人字抱杆立杆操作施工图



指点迷津

半机械立杆的操作注意事项见表 5-5。

表 5-5 半机械立杆注意事项

序号	注意要点及说明
1	抱杆根开一般为其高度的 $1/3 \sim 1/2$ ，两抱杆长度应相等且两脚应在一个水平面上，并用绳索连接在一起防止滑动。起吊较重杆时，可在抱杆倾斜的相反方向上再增设钢索拉线。绳索较多时，要排列上下顺序，以免起吊后发生混乱
2	摆放电杆时，电杆的吊点要处于基坑处，一般应在吊钩的正下方。必要时可在杆的根部加置临时重物，使电杆重心下移，以助起吊
3	抱杆最大倾斜角应不大于 15° ，以减少拉线的拉力，拉线与地面夹角不宜大于 45°
4	固定式人字抱杆适用于 15m 及以下的混凝土杆。当起吊 15m 以上的混凝土杆时，由于吊点仅为一点，使水泥杆吊点处承受弯矩过大，必须在吊点处绑扎加强木。一般用圆木或方木，用 8#铁丝与水泥杆扎成一体，其长度可为水泥杆长的 $1/3 \sim 1/2$ ，直径至少 100mm
5	土质较差时，抱杆脚处应垫以枕木，防止受压下沉
6	拉线桩、绞磨桩的设置必须牢固可靠，并有人监视
7	抱杆立杆应有起重工配合作业，指挥者应具备有关起重吊装专业的技术，所有参加人员应步调一致，听从指挥

5.1.3 杆上组装作业

1. 登杆要领及作业方法

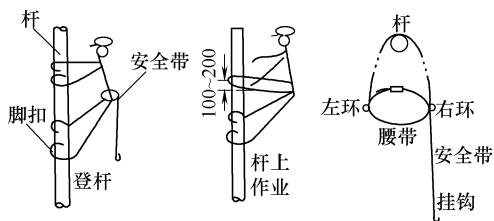
1) 登杆前，杆必须立稳夯实，埋深要符合要求。检查安全带和脚扣，不得有任何损伤裂纹。

2) 应根据杆径选择合适的大、中、小号脚扣。系好安全带，安全带的腰带不要系在腰上，要系在臀部的上部，并且松紧要适中。

3) 将工具装入工具袋跨在肩上；把绳子（长度大于杆长）系在安全带右侧的金属钩上（以右手有力为例），另端撒开；戴好线手套。

4) 在受电侧将左脚脚扣扣在杆上，距地面 300 ~ 500mm，将右脚脚扣扣在杆上，距地面 700 ~ 900mm，然后抬起左脚套入扣靴内，右手抱杆，臀部后倾，左腿和右手同时用力即可上一步。这时将右脚套入扣靴内，左手抱杆，臀部后倾，松开右手上移，右腿和左手同时用力，同时左脚带动脚扣离开杆体向上移动，即可又上一步。左脚上抬后即可扣住杆体，松开左手上移，右手抱杆，臀部后倾，同时用力，即可又上一步，轮番上述动作即可到达安装位置。也可在地面上将脚套入扣靴内，按上述的动作要求进行登杆。

登杆时必须做到，脚扣要与杆体蹬紧，臀部始终保持后倾，双手抱紧杆体，如图 5-10 所示。



a) 示意图



b) 实际操作图

图 5-10 登杆作业

5) 到达安装位置后，两脚蹬紧脚扣，臀部向后用力并使安全带撑紧（安全带与杆体的接触部分要高于臀部的腰带），双手即可松开作业（见图 5-10b）。调整在杆上的位置，面向送电方向。

6) 在杆上做好准备后，杆下人即可将最下层的横担系在绳子上（杆下人应将 U 形抱

箍装好、套上螺母及垫), 然后离开杆 3m 以外, 杆上人即可用绳子将横担拉到作业位置。先把横担放在与杆撑紧的安全带上, 解开绳扣并把绳子放下。

7) 双手将横担举起超过杆顶, 把 U 形抱箍套在杆上并将其落至安装要求的位置 (事先已用尺子量好), 先将螺母拧紧, 杆下人即可在顺线路方向 (离开杆 8m 以外) 观测大面横担是否水平, 并指挥杆上人进行调整。然后杆下人再到与线路垂直方向观测小面横担是否歪斜, 并指挥杆上人调整。

8) 杆上人可将安全带调整到横担上的上面, 即右手抱杆 (在横担下面), 左手解开挂钩并从杆后交至右手, 右手持挂钩后从横担上面交至左手, 左手再把挂钩与左环挂好, 这样做的目的是为了安全。同时可将工具袋挂在横担上。

9) 杆上人即可用上述的方法与杆下人配合几次将中层横担、上层横担、杆顶铁头、拉线抱箍 (带心形环)、直瓶、悬垂或绝缘子串等组装件安装好。

10) 在杆上检查无误并无遗留的工具、小件后, 先将工具袋用绳子送下, 然后即可将安全带解开, 按登杆的要领和相反的动作即可从杆上爬下, 到杆底 (地面) 后即可把脚从扣靴中抽出。

11) 杆上作业项目较多或金具横担较重时, 可两人或三人同时在杆上作业。



指点迷津

新立的电杆其杆基未填满夯实培土时, 严禁攀登。

2. 横担安装技术要求

目前低压架空线路主要使用的是铁横担, 也有的使用瓷横担。安装横担的技术要求如下:

1) 安装偏差。横担安装应平整, 安装偏差不应超过下列数值的规定: 横担端部上下歪斜不应大于 20mm; 横担端部左右歪斜不应大于 20mm; 双杆横杆与电杆接触处的高差不应大于两杆距的 5‰, 左右扭斜不应大于横担总长的 1%。

2) 横担的上沿应装在离电杆顶部 100mm 处, 如图 5-11 所示。多路横担上下档之间的距离应为 600mm 左右, 分支杆上的单横担的安装靠向必须与干线线路横担保持一致。

3) 安装方向。直线单横担应安装于受电侧; 90°转角杆或终端杆当采用单横担时, 应安装于拉线侧, 多层横担同上。双横担必须有拉板或穿钉连接, 连接处个数应与导线根数对应。

4) 陶瓷横担安装时, 应在固定处垫橡胶垫, 垂直安装时, 顶端顺线路歪斜不应大于 10mm; 水平安装时, 顶端应向上翘起 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$; 水平对称安装时, 两端应一致, 且上下歪斜或左右歪斜不应大于 20mm。

5) 横担在电杆上的安装部位必须衬有弧形



图 5-11 横担安装示例

垫铁，以防倾斜。

- 6) 耐张杆、跨越杆和终端杆上所用的双横担，必须装对整齐。
- 7) 在直线段内，每档电杆上的横担必须互相平行。

3. 绝缘子安装技术要求

绝缘子安装技术要求见表 5-6。

表 5-6 绝缘子安装技术要求

序 号	技术要求及说明
1	针式绝缘子应与横担垂直，顶部的导线槽应顺线路方向，紧固应加镀锌的平垫弹垫。针式绝缘子不得平装或倒装。绝缘子表面应清洁无污
2	悬式绝缘子使用的平行挂板、曲型拉板、直角挂环、单联弯头、球头挂环、二联板等连接金具必须外观无损、无伤、镀锌良好，机械强度应符合设计要求，开口销子齐全且尾部已曲回。绝缘子与绝缘子连接成的绝缘子串应能活动，必要时要做拉伸试验。弹簧销子、螺栓的穿向应符合规定
3	蝶式绝缘子使用的穿钉、拉板的要求同 2 中的规定，所有螺栓均应由下向上穿入
4	除外观检查合格外，高压绝缘子应用 5000V 绝缘电阻表摇测每个绝缘子的绝缘电阻，阻值不得小于 500MΩ；低压绝缘子应用 500V 绝缘电阻表摇测，阻值不得小于 10MΩ，最后应将绝缘子擦拭干净。绝缘子裙边与带电部位的间隙不应小于 50mm

5.1.4 拉线制作与固定

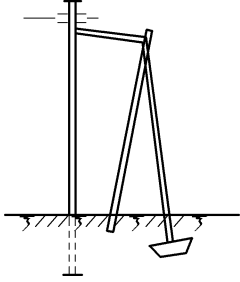
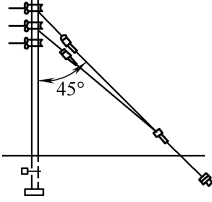
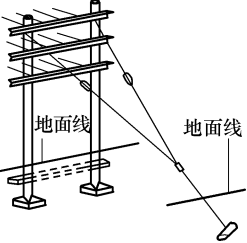
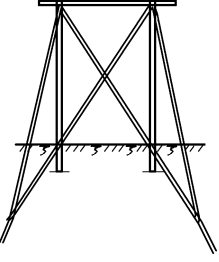
1. 拉线的种类及用途

拉线用来平衡电杆所受导线的单向拉力。拉线的种类及用途见表 5-7。

表 5-7 拉线的种类及用途

序 号	拉线名称	用 途	图 示
1	普通拉线	用于终端、转角和分支杆，装设在电杆受力的反面，用以平衡电杆所受导线的单向拉力。对于耐张杆则在电杆顺线路方前后设拉线，以承受两侧导线的拉力	
2	侧面拉线（人字拉线）	用于交叉跨越和耐张段较长的线路上，以便使线路能抵抗横线路方向上的风力，因此有时也叫做风雨拉线或防风拉线，每侧与普通拉线一样	
3	水平拉线（拉桩拉线）	用于需要跨越道路或其他障碍时的拉线	

(续)

序 号	拉 线 名 称	用 途	图 示
4	自身拉线	又叫弓形拉线，用于地面狭窄、受力不大的杆上	
5	Y 形上下拉线	用于受力较大或较高的杆上	
6	Y 形水平拉线	用于双杆受力不大的杆上	
7	X 形拉线 (交叉拉线)	用于双杆受力较大的杆上	

2. 拉线制作要点

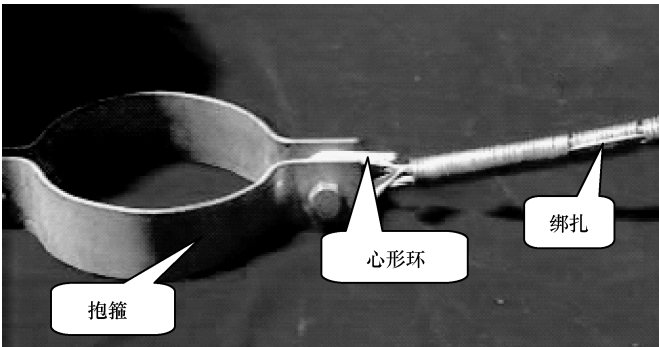
拉线由抱箍、上把、拉线、下把、拉线盘及拉线坑等组成。拉线制作要点见表 5-8。

表 5-8 拉线制作要点

序 号	内 容	要 点
1	基本方法	用尺量出钢绞线及回弯处的长度，利用钳具、大剪刀、铁锤等工具，人力制作回弯并装入线夹
2	操作程序	根据测量计算的结果，量出钢绞线长度→断开→制作上把（见图 5-12）→现场组立、校正杆段→制作下把（见图 5-13）→绑扎断头→涂红丹→调整拉线

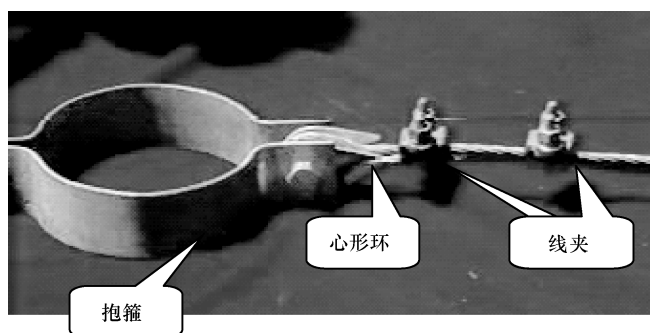
(续)

序 号	内 容	要 点	
3	质 量 标 准 检 查 项 目	各部件规格机械强度必须符合设计要求	与图样核对（关键）
		拉线连接强度必须符合设计要求	按标准金具核对（关键）
		拉线可调部分不少于线夹可调部分的 1/2	尺量（关键）
		拉线与拉棒应是一直线，组合拉线应受力一致。拉线制作质量如图 5-14 所示	观察（一般）
4	检查方式	X 形拉线的交叉点处应有足够的空隙，避免相互磨碰	观察（一般）
		拉线线夹弯曲部位不应有明显松股，拉线断头应用 $\phi 1.2\text{mm}$ 镀锌铁丝绑扎 5 道；与本线的绑扎处用 $\phi 3.2\text{mm}$ 铁丝扎 5 道，线夹尾线长度为 300 ~ 400mm	（一般）观察
5	注意事项	（1）线夹舌板应与拉线紧密接触，受力后无滑动现象。线夹的凸背应在尾侧，安装时，线股不应松散及受损坏 （2）同组拉线使用两个线夹时，线夹尾线端方向统一在线束的外侧 （3）杆塔多层拉线应在监视下对称调节，防止过紧或受力不均 （4）线夹及花篮螺栓的螺杆必须露出螺母，并加装防盗帽 （5）拉线断头处及拉线钳夹紧处损伤时应涂红丹防锈 （6）当拉线制作采用爆压、液压时，参见对应施工工艺规程 （7）现场负责人应对拉线制作工艺质量进行检验	



a) 绑扎缠绕法制作上把

图 5-12 制作上把



b) 楔形线夹法制作上把

图 5-12 制作上把 (续)



图 5-13 制作下把

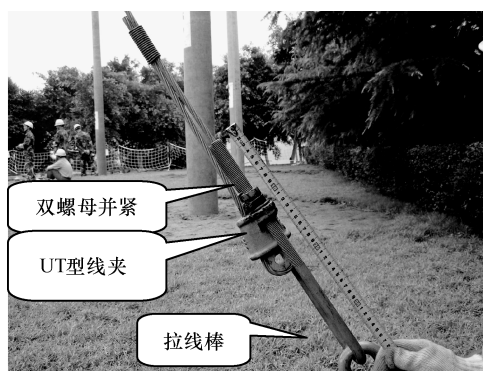


图 5-14 拉线制作质量检查



指点迷津

拉线制作及固定注意事项如下:

1) 拉线与电杆的夹角一般为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 当受地形限制时, 不宜小于 30° 。终端杆的拉线及耐张杆承力拉线应与线路方向对正; 转角拉线应与转角后线路方向对正; 防风拉线应与线路方向垂直; 拉线穿过公路时, 对路面中心的垂直距离不得小于 6m。

2) 采用 UT 型线夹及楔形线夹固定, 安装前螺纹上应涂润滑剂; 拉线弯曲部分不应有明显松股, 露出的尾线不宜超过 400mm; 所有尾线方向应一致; 调节螺钉应露扣, 应有不小于 $1/2$ 螺杆螺纹长度可供调节。调整后 UT 型线夹应用双螺母且拧紧, 花篮螺栓应封固, 尾线应绑扎固定。

3) 居民区、厂矿内, 混凝土电杆的拉线从导线之间穿过时, 拉线中间应装设拉线专用的蛋形绝缘子。

4) 拉线底把埋设必须牢固可靠, 拉线棒与底拉盘应用双螺母固定, 拉线棒外露地面长度一般为 500 ~ 700mm。

5) 拉线安装前应对拉线抱箍及其穿钉、心形环、钢绞线或镀锌铁丝、拉线棒、底盘、线夹、花篮、螺钉、蛋形绝缘子等进行仔细检查, 有不妥的不得使用。拉线组装完后, 应对杆头进行检查, 不得有物品遗留在杆上。

5.1.5 架线

架线是由放线、挂线和紧线三个工序组成，这三个工序是一气呵成的。

1. 放线

放线必须按线轴或导线盘缠绕的反方向进行，且要面对挂线或线路方向放线，如图5-15所示。放线时，线轴或导线盘必须立放，不得倒放，严禁导线打扭或拧成麻花状。

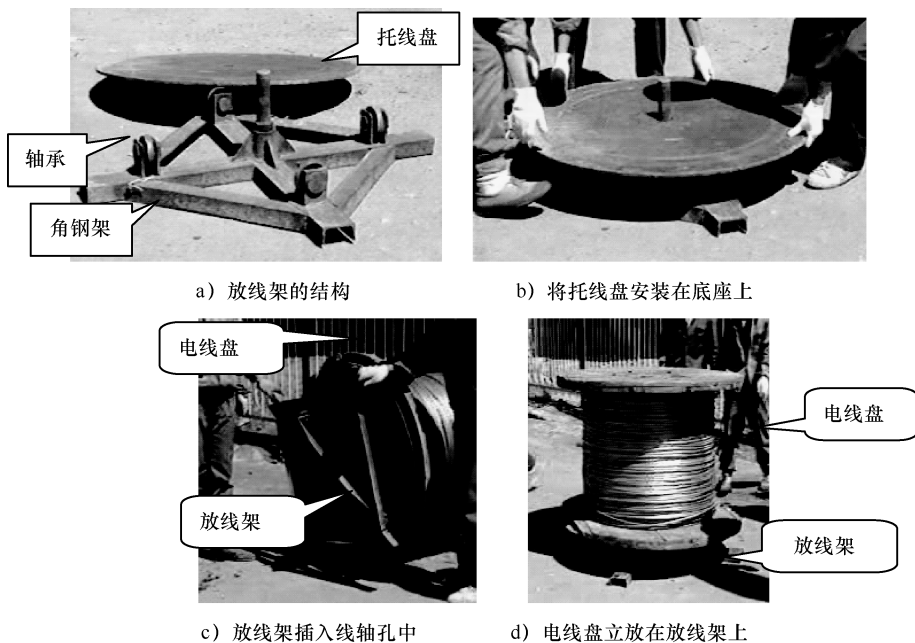


图 5-15 线轴放置及放线架



指点迷津

放线操作时，要注意以下几点：

- 1) 放铝线或钢芯铝线时，应在每根电杆的横担上预挂三只开口滑轮，待导线拉至每根电杆处，用绳子将导线提起，嵌入滑轮。继续拖拉导线时，使其沿滑轮移动。
- 2) 导线应一根一根地放，线盘处应留有经验的人员看守，负责检查导线质量。
- 3) 放线时应有可靠的联络信号，沿途还要有人看护导线，使其不受损伤或打环结扣。当导线跨越道路时应设专人看护。
- 4) 地面应无石子和坚硬物，不得损伤导线。

2. 挂线

挂线分为两个步骤：一是把非紧线端（终端或始端/接户杆或进户杆根据现场条件选定）的导线固定在横杆上的终端绝缘子（茶台）上；另一是把导线挂在其他直线杆的横担上。

1) 非紧线端导线在横担茶台上固定，可在杆上直接操作，也可在杆下先把导线绑扎在茶台上，然后再登杆操作并把茶台用拉板固定在横担上。

2) 直线杆上的挂线可在横担上悬挂开口铜滑轮或铝滑轮，必须用铁线将滑轮绑扎牢固。也可在横担上垫以草袋或棉垫，其目的是防止紧线时将导线划伤。草袋或棉垫也应用绳子绑扎牢固。

3. 紧线

低压配电线路一般采用人工杆上紧线器紧线，如图 5-16 所示。紧线时要注意横担和杆身的偏斜、拉线地锚的松动、导线与其他物的接触或磨损、导线的垂度等。

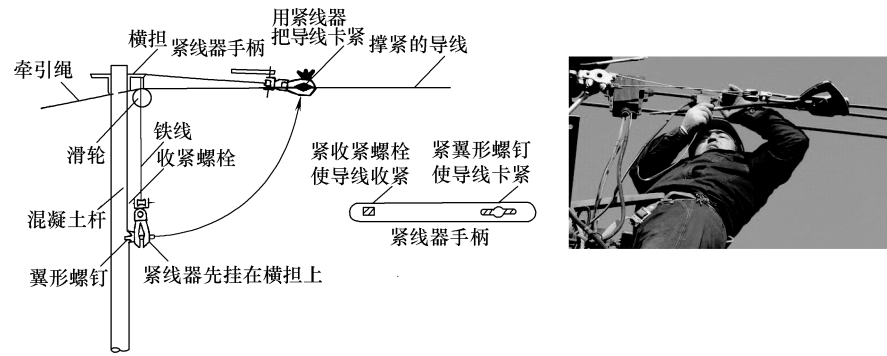


图 5-16 紧线操作

(1) 准备工作

紧线的准备工作见表 5-9。

表 5-9 紧线准备工作

序 号	操作方法及说明
1	检查耐张段内拉线是否齐全牢固，地锚底把有无松动
2	检查导线有无损伤、交叉混淆、障碍、卡住等情况；检查接头是否符合要求，是否已挂滑轮且导线已在轮内；检查电杆有无倾斜、杆头金具、绝缘子是否缺件等
3	紧线工具（紧线器、耐张线夹、铝包带、绑线、活扳手、头、登杆工具、挂紧线器用的 8#铅丝或 $\phi 6 \sim 10\text{mm}$ 的钢筋等）应准备齐全并运到现场，操作人员应全部到达指定现场
4	紧线操作人员、观察导线弧垂的人员、指挥人员等应全部到达指定地点，并做好准备

(2) 紧线操作

紧线操作的方法及步骤见表 5-10。

表 5-10 紧线操作的方法及步骤

序 号	操作方法及说明
1	操作人员登上杆塔后，将导线末端穿入紧线杆塔上的滑轮，再把导线端头顺延在地下，一般先由人力拉导线，然后再用牵引绳将导线栓好、栓紧
2	紧线前，将与导线规格对应的紧线器预先挂在与导线对应的横担上，同时将耐张线夹及其附件、绑线、铝包带、工具等用工具袋带到杆上挂好 紧线器的优点在于牵引取掉后仍可随意调节导线的松紧，因此是一种常用的方法，见图 5-16
3	通过规定的信号在紧线系统内（始端、中途杆上、垂度观察员、牵引装置等）进行最后检查和准备工作，一切正常后即可由指挥者发出准备起动牵引装置的命令，准备就绪后即可起动牵引装置。牵引速度宜慢不得快
4	弧垂一般由人肉眼观察，必要时应用经纬仪观察。弧垂观测档的选择原则如下： (1) 紧线段在 5 挡及以下时，靠近中间选择一档 (2) 紧线段在 6 ~12 挡时，靠近两端约 1/4 处各选择一档 (3) 紧线段 12 挡以上时，靠近两端 1/4 处及中间各选一档 (4) 观测档宜选档距较大和悬挂点高差较小的档距，若地形特殊应适当增加观测档

5.1.6 固定导线

1. 技术要求

导线在绝缘子上固定的技术要求见表 5-11。

表 5-11 导线在绝缘子上固定的技术要求

序 号	技术要求及说明
1	导线的固定必须牢固可靠，不得有松脱，空绑等现象
2	对于直线杆塔，导线应安装在针式绝缘子或直立瓷横担的顶槽内；水平瓷横担的导线应安装在端部的边槽上；采用绝缘子串悬挂导线时，必须使用悬垂线夹
3	直线角度杆，导线应固定在针式绝缘子转角外侧的脖子上
4	直线跨越杆，导线应固定在外侧绝缘子上，中相导线应固定在右侧绝缘子上（面向电源侧）。导线本体不应在固定处出现角度
5	绑扎铝绞线或钢芯铝绞线时，应先在导线上包缠两层铝包带，包缠长度应露出绑扎处两端各 15mm，如图 5-17 所示
6	绑扎方式应按标准要求进行，绑线的材质应与导线相同
7	绑扎固定时，应先观察前后档距弧垂是否一致，否则应先拉动导线使其基本一致后，再进行绑扎，绑扎必须紧固

2. 导线在绝缘子上的固定

导线在针式及蝶式绝缘子上的绑扎固定，通常采用绑线缠绕法。绑线缠绕法有顶部绑扎法和颈部绑扎法两种，其操作方法及步骤如图 5-18 所示。

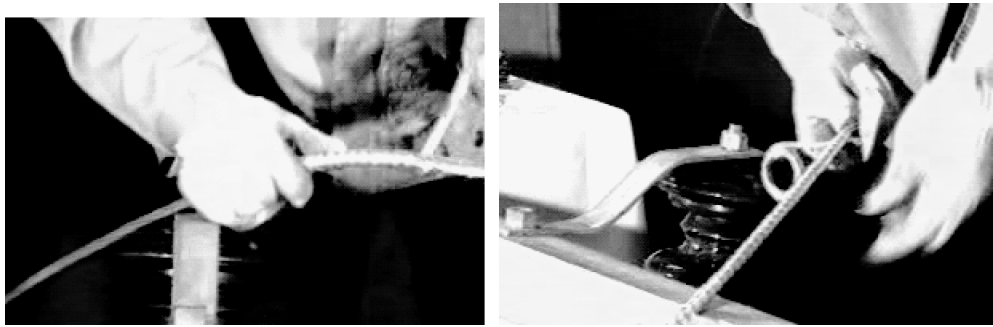


图 5-17 包缠铝包带

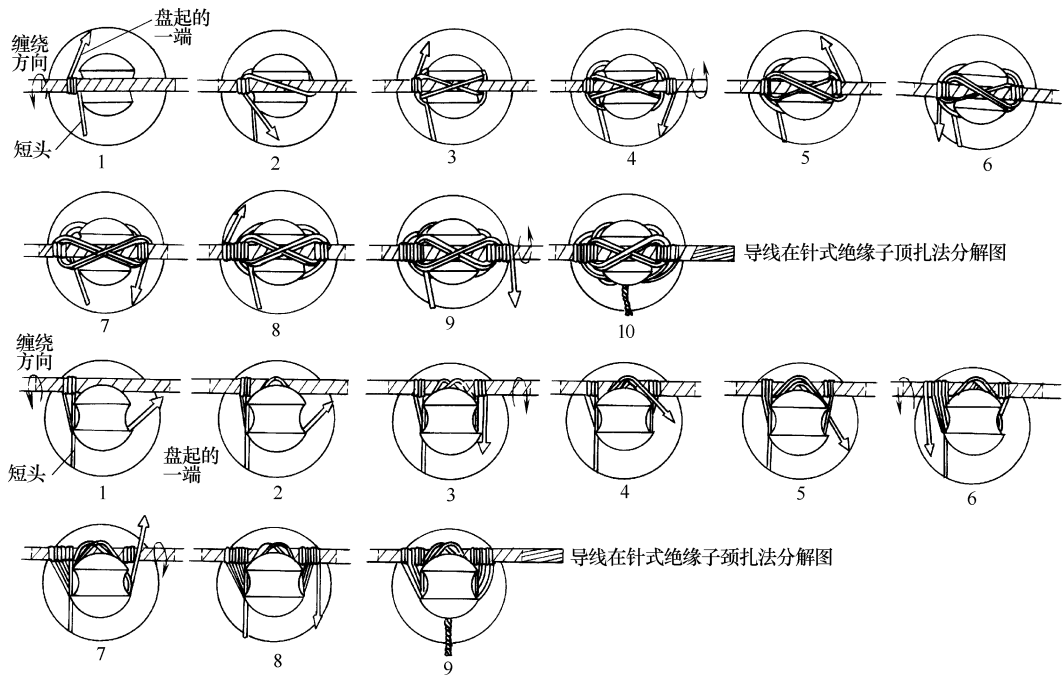


图 5-18 绑线缠绕法操作步骤分解图



指点迷津

导线在绝缘子上固定时的注意事项见表 5-12。

表 5-12 导线在绝缘子上固定注意事项

序 号	注 意 事 项
1	核实并检查绝缘子及连接金具（送电线路使用的铁制或铝制金属附件，统称为金具）的规格型号与导线的规格型号、电压等级是否相符
2	检查绝缘子的瓷质部分有无裂纹、硬伤、脱釉等现象；瓷质部分与金属部分的连接是否牢固可靠；金属部分有无严重锈蚀现象

(续)

序 号	注 意 事 项
3	擦拭绝缘子上的污迹
4	针式绝缘子顶槽绑扎时，顶槽应顺线路方向
5	针式绝缘子在横担上的固定必须紧固，且应配有弹簧垫
6	使用连接金具连接时，应检查其有无锈蚀、螺纹脱扣等现象
7	不合格的绝缘子，金具不得在线路中使用
8	清理并检查杆头有无遗漏工具、草屑、铁丝、绑线等物，如有应清除干净
9	杆头较复杂时，应检查导线与横担、拉线及相与相之间的安全距离是否符合要求
10	杆头有无其他不妥

5.2 电力电缆施工

5.2.1 电力电缆施工基础

1. 电力电缆施工起重运输知识

- 1) 两人或多人搬动重物时，必须同时起立和放下，互相配合，以防损伤。上斜坡时，后面的人员身高应比前面的人员高，下坡时则应相反。
- 2) 滚动电缆盘时，必须顺着电缆盘上的箭头指示或电缆的缠紧方向。要求有一人统一指挥，并应会使用控制棒控制方向。
- 3) 懂得常用起重工具的工作原理和使用要领。电缆盘在滚动时，其滚动方向必须按顺着电缆的缠绕方向滚动，这样滚动电缆盘时，电缆应会越滚越紧，电缆就不会在滚动时被松下，脱落伤人或损坏电缆。

2. 敷设电力电缆的前期准备工作

- 1) 根据设计提供的图样，熟练掌握各个环节，首先审核电缆排列断面图是否有交叉，走向是否合理，在电缆支架上排列出每根电缆的位置，为敷设电缆时作为依据。
- 2) 为避免浪费，应了解电缆到货情况，核实实际长度与设计长度是否合适，并测试绝缘电阻是否合格，做好记录。此外，还应在电缆盘上编号，使电缆敷设人员达到心中有数，忙而不乱，文明施工。
- 3) 制作临时电缆牌，其内容包括编号、起点、终点、规格等，如图 5-19 所示。
- 4) 工具与材料的准备根据需要配备。

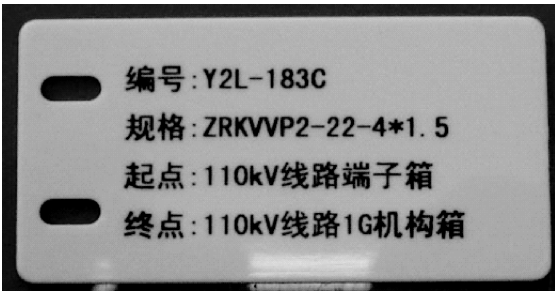


图 5-19 临时电缆牌

- 5) 沿敷设路径安装充足的安全照明，在不便处搭设脚架。
- 6) 根据电缆敷设顺序表规定的盘号，将电缆应运到施工方便的地点。
- 7) 检查电缆沟、支架是否齐全、牢固，油漆是否符合要求，电缆管是否畅通，并准备串入牵引线，清除敷设路径上的垃圾和障碍。
- 8) 在电缆隧道、沟道、竖井上下、电缆夹层及转变处、十字交叉处都应绘出断面图，并准备好电缆牌、扎带。
- 9) 将图样清册和顺序表交给施工负责人，便于熟悉路径，在重要转弯处，安排有经验人员把关。此时，还应准备好通信用具，统一联络用语。
- 10) 在扩建工程中若涉及进入带电区域时，应事先与有关部门联系办理作业票。

3. 电缆质量检查与验收的要求

电缆到达现场后，建设单位、监理单位、施工单位、供货商等有关人员应及时进行检查验收。验收时应按下列要求进行：

- 1) 检查电缆型号、规格、电压等级、长度等是否符合订货要求。
- 2) 检查材质证明资料是否齐全。
- 3) 检查电缆的外包装是否符合国家标准要求，产品标签应标明型号、规格、标准号、厂名和产地。
- 4) 检查电缆外皮上的标志是否齐全。
- 5) 检查电缆外皮是否受到损坏，封端是否严密。当外观检查有怀疑时，应进行潮湿判断或试验。

检查完毕，并确认符合验收条件时，应办理验收手续，方可使用。

4. 电缆的敷设方法

电缆的敷设方法主要有以下三种。

- 1) 机械拖放敷设。
- 2) 机械牵引敷设。
- 3) 人工敷设。

5. 高压电缆的敷设方式

高压电缆的敷设方式主要有直埋式、管道式和隧道式，见表 5-13。

表 5-13 高压电缆的敷设方式

敷 设 方 式	说 明
直埋式	高压电缆直接敷设于地下，要求埋深不得小于 0.7m，穿越农田时不得小于 1m，在容易受重压的场所应在 1.2m 以下，还要在电缆上下均匀铺设 100mm 厚的细砂或软土，并覆盖混凝土板等保护层，覆盖超出电缆两侧各 50mm；在寒冷地区，则应埋设在冻土层以下
管道式	将高压电缆敷设于预制的管路（如混凝土管）中，要求每隔一定距离配有入孔，用于引入和连接电缆，如电缆为单芯电缆。为减少电力损失和防止输送容量的下降，引起电缆过热，管材应采用非磁性或不导电的
隧道式	电缆敷设于专门的电缆隧道内桥架或支架上，电缆隧道内可敷设大量电缆，散热性好，便于维护检修，但工程量较大，一般只在城市内使用

6. 直埋电缆的保护措施

直埋电缆的常用保护措施见表 5-14。

表 5-14 直埋电缆的常用保护措施

序 号	类 型	保 护 措 施
1	机械损伤	加电缆导管
2	化学作用	换土并隔离（加陶瓷管）
3	地下电流	加套陶瓷管或采取屏蔽
4	振动	用地下水泥桩固定
5	热影响	用隔热防腐材料隔离
6	腐殖物质	采取换土或隔离
7	虫鼠危害	加保护管等

5.2.2 电缆终端头和中间接头的制作

1. 电缆终端头和中间接头的基本要求

与电缆本体相比，电缆终端和中间接头是薄弱环节，电缆终端和中间接头质量的好坏直接影响到电缆线路的安全运行。为此，电缆终端和中间接头应满足表 5-15 中的要求。

表 5-15 电缆接头的基本要求

序 号	基 本 要 求	说 明
1	导体连接良好	对于终端，电缆导线电芯线与出线杆、出线鼻子之间要连接良好；对于中间接头，电缆芯线要与连接管之间连接良好 要求接触点的电阻要小且稳定，与同长度同截面积的导线相比，对新装的电缆终端头和中间接头，其接触电阻的比值要不大于 1；对已运行的电缆终端头和中端接头，其接触电阻的比值应不大于 1.2
2	绝缘可靠	要有能满足电缆线路在各种状态下长期安全运行的绝缘结构，所用绝缘材料不应在运行条件下加速老化
3	密封良好	结构上要能有效地防止外界水分和有害物质侵入到绝缘结构中去，并能防止绝缘结构内部的绝缘剂向外流失，避免“呼吸”现象发生，保持气密性
4	有足够的机械强度	能适应各种运行条件，能承受电缆线路上产生的机械应力
5	耐压合格	能够经受电气设备交接试验标准规定的直流（或交流）耐压试验
6	焊接好接地线	防止电缆线路流过较大故障电流时，在金属护套中产生的感应电压可能击穿电缆内衬层，引起电弧，甚至将电缆金属护套烧穿

2. 制作电缆终端头和中间接头需用的材料

1) 分支手套和雨罩（采用硬质聚氯乙烯塑料制成）是制作电缆终端头所必需的材料。分支手套由软聚氯乙烯塑料制成，如图 5-20 所示。雨罩是保证户外电缆终端头有足够的湿闪络电压，其顶部有四个阶梯，使用时可按电缆绝缘外径大小，将一部分阶梯切除。

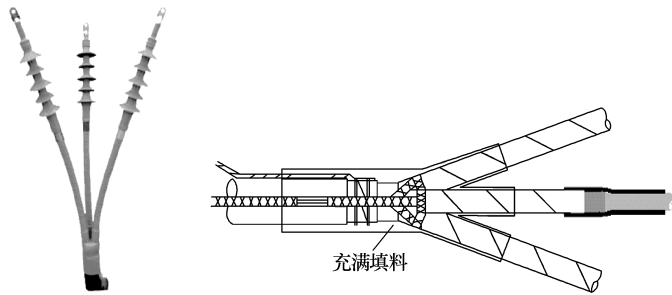


图 5-20 分支手套

2) 聚氯乙烯胶粘带用于电缆终端头和中间接头的一般密封，但不能依靠它作长期密封。

3) 自粘性橡胶带是一种以丁基橡胶和聚异丁烯为主的非硫化橡胶，具有良好的绝缘性能和自粘性能，在包绕 0.5h 后即能自粘成一整体，因而有良好的密封性能。但它机械强度低，不能光照，容易产生龟裂，因此在其外面还要包两层黑色聚氯乙烯带作保护层。

4) 黑色聚氯乙烯带，比一般的聚氯乙烯带的耐老化性好，其本身无粘性且较厚，因而在其包绕的尾端，为防松散，还要用线扎紧。

3. 制作电缆终端头

制作电缆终端头的操作步骤及方法见表 5-16。

表 5-16 制作电缆终端头的操作步骤及方法

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
1	剥除塑料外套	根据电缆终端的安装位置至连接设备之间的距离决定剥塑尺寸。一般从末端到剖塑口的距离应不小于 900mm	
2	锯铠装层	在离剥塑口 20mm 处扎绑线，在绑线上方侧将钢甲锯掉，在锯口处将统包带及相间填料切除	
3	焊接地线	将截面积为 10 ~ 25mm ² 的多股软铜线分为三股，在每相的屏蔽层上绕上几圈。若电缆屏蔽为铝屏蔽，要将接地铜线绑紧在屏蔽层上；若为铜屏蔽，则应焊牢	

(续)

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
4	套手套	用透明聚氯乙烯带包缠钢甲末端及电缆线芯,使手套套入,松紧要适度。套入手套后,在手套下端用透明聚氯乙烯带包紧,并用黑色聚氯乙烯带包缠两层扎紧	
5	剥切屏蔽层	在距手指末端 20mm 处,用直径为 1.25mm 的镀锡铜丝绑扎几圈,将屏蔽层扎紧,然后将末端的屏蔽层剥除。屏蔽层内的半导体布带应保留一段,将它临时剥开缠在手指上,以备包缠应力锥	
6	包应力锥	(1) 用汽油将线芯绝缘层表面擦拭干净,主要擦除半导体布带粘附在绝缘层表面上的炭黑粉 (2) 用自粘胶带从距手指 20mm 处开始包锥。锥长 140mm,最大直径在锥的一半处。锥的最大直径为绝缘外径加 15mm (3) 将半导体布带包缠至最大直径处,在其外面,从屏蔽层切断处用 2mm 铅丝紧密缠绕至应力锥的最大直径处,用焊锡将铅丝焊牢,下端和绑线及铜屏蔽层焊在一起(铝屏蔽则只将铅丝和镀锡绑线焊牢) (4) 在应力锥外包两层橡胶自粘带,并将手套的手指口扎紧封口	
7	压接线鼻子	在线芯末端长度为线鼻子孔深加 5mm 处剥去线芯绝缘层,然后进行压接。压好后用自粘橡胶带将压坑填平,并用橡胶自粘带绕包线鼻子和线芯,将鼻子下口封严,防止雨水渗入芯线	
8	包保护层	从线鼻子到手套分岔处,包两层黑色聚氯乙烯带。包缠时,应从线鼻子开始,并在线鼻子处收尾	

(续)

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
9	标明相色	在线鼻子上包相色塑料带两层，标明相色，长度为80~100mm。也应从末端开始，末端收尾。为防止相色带松散，要在末端用绑线绑紧	
10	套防雨罩	对户外电缆终端头还应在压接线鼻子前先套进防雨罩，并用自粘橡胶带固定，自粘带外面应包两层黑色聚氯乙烯带。从防雨罩固定处到应力锥接地处的距离要小于400mm	

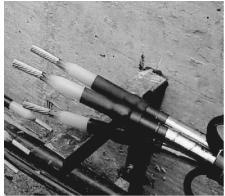
4. 制作电缆中间接头

10kV 电缆中间接头制作的步骤及方法见表 5-17。

表 5-17 制作电缆中间接头的步骤及方法

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
1	切割电缆	将待接头的两段电缆自断口处交叠，交叠长度为200~300mm；量取交叠长度的中心线并作记号，同时将黑色填充物保留后翻，不要割断	
2	芯线处理	将热缩套件中（一长一短两根）直径最大的黑色塑料管分别套入两段电缆，然后处理线芯	
3	清洁半导体	用清洗剂清洁芯线（注意整个过程操作者要保持手的干净）	

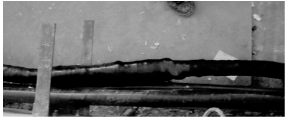
(续)

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
4	套入应力控制管	包缠应力疏散胶带, 并套入应力控制管 (图中的黑色短管)	
5	烘烤应力控制管	用喷灯的火焰烘烤应力控制管, 图中为 已经烘好的应力管	
6	套屏蔽铜网	在长端尾部套入屏蔽铜网	
7	套绝缘材料和 半导电管	在长端套入绝缘材料, 短端套入内半导 电管	
8	压接芯线	用压接钳压接芯线, 注意压接质量	
9	打磨压接头	用锉刀打磨压接头, 以消除尖端放电	
10	包绕半导电带	在接头上包绕黑色半导电带, 包缠后接 头处外径应与主绝缘层大小一致; 在接头 上用红色应力胶填充, 将接头填满	

(续)

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
11	烘烤内半导体管	将短端已经套入的黑色内半导体管移至接头上烘烤收缩，用配套清洁剂清洁整个芯线的绝缘层、半导体管及应力管	
12	烘烤内绝缘管	将套入长端最内层的红色内绝缘管移至接头上，在该管两管口部位包缠热熔胶，然后从中间向两端加热收缩	
13	烘烤外绝缘管	将套入长端第二层的红色外绝缘管移至接头上，在该管两管口部位包缠热熔胶，然后从中间向两端加热收缩，完成后在两端包绕高压防水胶布密封	
14	烘烤外半导体层	将套入长端最外层的黑色外半导体层移至接头上，在该管两管口部位包缠热熔胶，然后从中间向两端加热收缩	
15	套入铜网屏蔽	各相分别套入铜网屏蔽。将套入长端铜屏蔽网移至接头上，用手将屏蔽网在各相上整平，同时注意将铜网两端压在电缆原来的屏蔽层上，用锡焊焊接	
16	绑扎，整形	将原来切割电缆时翻起的填充物从新翻回，然后用白纱带将三相芯线绑扎在一起	
17	焊接地线	用附带的编织铜线将接头两端的保护钢铠连接（焊接）起来	

(续)

序 号	步 骤	操 作 方 法	图 示
18	烘烤外护层	将一端电缆中早已套入的长外护套管移到超过压接管位置时开始热缩；将另一端电缆中早已套入的短外护套管移到超过压接管位置，套住先收缩的长外护套管 100mm 时开始热缩	
19	包缠封口	用黑胶布在外护套交叠处做包缠封口处理	



指点迷津

制作电缆接头的注意事项如下：

- 1) 在电缆接头的制作过程中，应防止粉尘、杂物和潮气、水雾进入绝缘层内，严禁在多尘或潮湿的场所进行制作。电缆接头的制作应连续进行。在保证质量的前提下，作业时间越短越好，以免潮气侵入。操作时应戴医用手套和口罩，防止手汗和口中热气进入绝缘层。
- 2) 在室内或充油电缆接头制作现场，应备有消防器材，以防火灾。
- 3) 制作电缆接头用的绝缘材料，应与电缆电压等级相适应，其抗拉强度、膨胀系数等物理性能与电缆本身绝缘材料的性能相近。橡胶绝缘和塑料绝缘电缆应使用黏性好、弹性大的绝缘材料。密封包扎用的绝缘材料，使用前应擦拭干净。
- 4) 连接电缆线芯用的金具，应采用标准的接线套管或接线端子，其内径应与线芯紧密配合，其截面积应为线芯截面积的 1.2~1.5 倍，并按要求进行压接。
- 5) 充油电缆有中间接头时，应先制作、安装中间接头；后制作、安装终端头；线路两端有落差时，应先制作、安装低位终端头。低压电缆终端头与中间接头之间的距离不应小于 50m。
- 6) 剥切电缆时不应损伤线芯和内层绝缘结构。用喷灯封铅或焊接地线时，操作应熟练、迅速，防止过热，避免灼伤铅包皮和绝缘层。

5.2.3 电力电缆敷设工艺

1. 工艺流程

准备工作→直埋电缆敷设（电缆沿支架、桥架敷设）→铺砂盖砖→回填土→埋标桩→水平敷设→垂直敷设→挂标志牌→管口防水处理→剥麻刷油→挂标志牌。

2. 准备工作

- 1) 施工前应对电缆进行详细检查；规格、型号、截面电压等级应符合设计要求，

外观无扭曲、坏损及漏油、渗油等现象。

2) 电缆敷设前进行绝缘电阻表摇测或进行耐压试验。1kV 以下电缆, 用 1kV 绝缘电阻表摇测线间及对地的绝缘电阻, 且应不低于 $10M\Omega$; 3 ~ 10kV 电缆应事先作耐压和泄漏试验, 试验标准应符合国家和当地供电部门规定, 必要时敷设前仍需用 2.5kV 绝缘电阻表测量绝缘电阻是否合格。电缆测试完毕, 油浸纸绝缘电缆应立即用焊料 (铅锡合金) 将电缆头封好。其他电缆应用聚氯乙烯带密封后再用黑胶布包好。

3. 电缆敷设

(1) 直埋电缆敷设

1) 清除沟内杂物, 铺完底沙或细土。

2) 电缆敷设。电缆敷设可用人力拉引或机械牵引。采用机械牵引可用电动绞磨或托撬 (早船法)。电缆敷设时, 应注意电缆弯曲半径应符合规范要求, 如图 5-21 所示。



图 5-21 直埋电缆敷设

电缆在沟内敷设应有适量的蛇形弯, 电缆的两端、中间接头、电缆井内、垂直位差处均应留有适当的余度。

3) 铺砂盖砖。电缆敷设完毕, 应由建设单位、监理单位及施工单位的质量检查部门共同进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收合格, 电缆上下分别铺盖 100mm 砂子或细土, 然后用砖或电缆盖板将电缆盖好, 覆盖宽度应超过电缆两侧 5cm。使用电缆盖板时, 盖板应指向受电方向。

4) 回填土。回填土前, 应再做一次隐蔽工作检验, 合格后, 应及时回填土并进行夯实。

5) 埋标桩。电缆在拐弯、接头、交叉、进出建筑物等地段应设明显方位标桩。直线段应适当加设标桩。标桩露出地面以 15cm 为宜。



指点迷津

电缆地下埋设的注意事项如下:

1) 电缆敷设前, 应沿全线检查电缆沟是否符合要求, 合格后即铺细砂、铺砂完毕后, 再沿全线检查, 无不妥及无妨碍敷设电缆时, 方可敷设电缆。

2) 电缆敷设完毕,应沿全线进行检查和整理。敷设在沟内的电缆应有一些波形余量,不要拽得过直,以防冬季遇冷收缩时损伤电缆;多根电缆同沟敷设,应排列整齐并调整好间隙,不得有交叉。沟内不得有石块及硬物。

3) 全部核查无误后,在电缆上面再盖一层细砂,在砂子上面铺盖一层红砖或水泥板,其宽度应超出电缆两侧各50mm。向沟内回填软土时,应分层填好夯实,且覆盖土要高于地面150~200mm,以防沉陷。

4) 在直埋电缆直线段每隔50~100m处、电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处,应设置明显的方位标志或标桩。

5) 直埋电缆属于隐蔽工程,因此在直埋电缆敷设完毕后,应会同建设单位或监理单位进行检查验收,并办理隐蔽工程验收手续。

6) 电缆进入电缆沟、竖井、建筑物以及穿入管子时,出入口应封闭,管口应密封。有麻皮保护层的电缆,进入室内部分,应将麻皮剥掉,并涂防腐漆。

(2) 电缆沿桥架水平敷设

1) 敷设方法可用人力或机械牵引。

2) 电缆沿桥架或托盘水平敷设时,应单层敷设,排列整齐,如图5-22所示。不得有交叉,拐弯处应以最大截面电缆允许弯曲半径为准。

3) 不同等级电压的电缆应分层敷设,高压电缆应敷设在上层。

4) 同等级电压的电缆沿支架敷设时,水平净距不得小于35cm。

(3) 电缆沿桥架垂直敷设

1) 电缆垂直敷设,有条件的最好自上而下施工。在土建未拆起重机前,将电缆吊至楼层顶部。敷设时,同截面积的电缆应先敷设低层,后敷设高层。要特别注意,在电缆轴附近和部分楼层应采取防滑措施。

2) 自下而上敷设时,低层小截面积的电缆可用滑轮和大绳人力牵引敷设。高层、大截面积的电缆宜用机械牵引敷设。

3) 沿支架敷设时,支架距离不得大于1.5m,沿桥架或托盘敷设时,每层最少加装两道卡固支架。敷设时,应放一根立即卡固一根。

4) 电缆穿过楼板时,应装套管,敷设完后应将套管用防火材料封堵严密,如图5-23所示。



图5-22 电缆沿桥架水平敷设



图5-23 电缆穿过楼板的防火处理

4. 挂标志牌

- 1) 标志牌规格应一致，并有防腐性能，挂装应牢固。
- 2) 标志牌上应注明电缆编号、规格、型号及电压等级。
- 3) 直埋电缆进出建筑物、电缆井及电缆终端头、电缆中间接头处端应挂标志牌。
- 4) 沿支架桥架敷设电缆在其首端、末端、分支处应挂标志牌。

5.3 低压进户装置与配电箱的施工

低压进户装置是指由架空线引来的电源，通过墙外第一支持物引入总配电箱（柜）总开关的一段线路上的装置，这些装置是户内外线路的衔接装置。这段线路及装置通常在室内布线安装完毕之后再安装，也可先行安装再安装室内线路。

5.3.1 低压进户装置的安装

低压进户装置通常由进户杆或者角钢支架、接户线、进户线和进户管等组成，如图5-24所示。

从低压电力线路接户杆到室外用户集装箱一段线路叫接户线；从户外集装箱出线，端至用户配电装置一段线路叫进户线。接户线与进户线通过集装箱和室内配电箱的配电装置向每个用户供电。

1. 接户线、进户线的安装

1) 为使三相四线线路的中性线电流不超过配变额定电流的25%，生活照明接户线与低压线路的接线点要求从线路首端起按三相L1、L2、L3和N线的顺序循环依次T接在相邻电杆上。

2) 楼房居民区和商业区，因照明负荷较大，下户线采用四芯铜芯电缆以同一基电杆引入380/220V电压，电缆用架空敷设或地下深埋，通过电缆接线盒，沿楼房段采用BV铜芯塑料线穿PVC管敷设，每4~6户引一相电源。导线截面积的选择应满足穿管后载流量要求，一般选16~35mm²导线。

3) 平房居民区，照明接户线沿墙敷设段要与通信线、电视线分开架设，交叉接近时其距离不小于0.3m。导线要求用瓷绝缘子固定，两支持点不大于6m。

4) 平房的居民区，每户进户线导线选用BVVLK 6mm²二芯铝护套线，沿墙明敷的用∠40×5角钢横担PD-2针式瓷绝缘子固定，两支持点不大于6m。沿房檐明敷的进户线用瓷珠固定，两支持点的距离不应大于2m。进户线对地垂直距离不得低于3m，进户端不小于2.5m。进户线穿越砖时要通过PVC管，不得与通信线、电视线一起穿墙。

5) 沿墙和房檐敷设的进户线要与通信线、电视线分开敷设，交叉或接近时其距离不小于0.3m。在楼房内进户线，要求布线用BV6mm²铜芯塑料线穿PVC管后沿墙敷设。管内穿线要求导线截面积总和（包括绝缘层）不应超过管内有效面积的40%，最小管径不

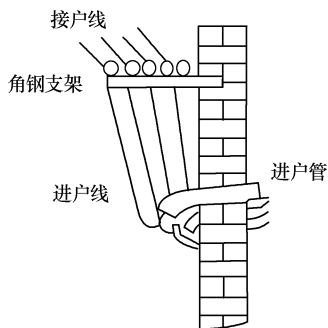


图5-24 低压进户装置

应小于 13mm。

6) 农村低压接户线从电杆下来到用户外第一支持点或集控箱距离不得大于 25m, 沿墙敷设接户线两个支持点之间不超过 6m; 接户和进户线要采用绝缘导线, 接户线导线截面积 $6 \sim 10\text{mm}^2$, 接户线对地距离不小于 2.5m, 对跨越街道、公路时对地距离 5 ~ 6m; 与阳台窗户水平和垂直距离不小于 0.8m; 进户线进户时要有穿墙套管, 进户线与广播通信线必须分开进户, 穿墙管的滴水弯对地距离大于 2m。

2. 接户与进户线施工注意事项

1) 施工放线时应进行外表检查: 绝缘护套线不得有机械损伤、漏心、无硬弯。放线时, 要谨防打卷扭折和其他损伤。紧线前, 应使用绝缘电阻表摇测每相对地之间的绝缘电阻。紧线时, 每档接户线的弧垂应控制在 0.5 ~ 0.6m。

2) 接户与进户线在墙上敷设时, 要求导线平直。导线始末端用茶台固定绑扎, 中间段用瓷绝缘子“顶绑法”固定, 转角处瓷绝缘子用“侧绑法”固定, 在房檐布线用瓷珠绑扎固定。

瓷绝缘子、瓷珠与导线固定用纱包铁心线绑扎。接户、进户线穿墙, 集装箱进出端应作滴水弯, 如图 5-25 所示。

3) 接户线与带电主干线接线时, 应在停电的情况下进行, 并应注意线路的相序, 防止相线与中性线错接。

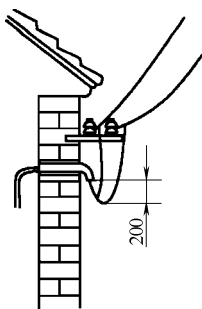


图 5-25 滴水弯

5.3.2 电能表的选用与安装

1. 电能表的选用

(1) 单相电能表的选用

单相电能表多用于家用配电线路中, 常用的有感应式机械电能表和电子式电能表。近年来广泛应用的是电子式电能表。

在选用电能表的容量或电流前, 应先进行计算。一般应使所选用的电能表负载功率为实际用电功率的 1.25 ~ 4 倍。

(2) 三相电能表的选用

三相电能表主要用于三相动力配电电路中。按接线方式不同, 三相电能表可分为三相四线制和三相三线制两种。按照负载容量和接线方式不同又分为直接式和互感器式两种。直接式常用于电流容量较小的电路中, 常用规格有 10A、20A、50A、100A 等; 互感器式三相电能表的基本量程为 5A, 可以按电流互感器的不同电流比 (变化) 扩展量程, 常用于电流较大的电路中。

三相电能表如果不配用电流互感器, 则应按照电能表额定电流为实际用电电流的 2 ~ 3 倍选用。

三相电能表如果配用电流互感器, 电能表的额定电流必须是 5A。电流互感器可根据负载电流的大小选择电流比, 一般按负载电流为电流互感器额定电流的 2/3 左右选用。例如负载电流为 50A, 则电流互感器电流比可选为 75/5; 如负载电流为 70A, 则电流互感器

电流比可选 100/5；如负载电流为 100A，则电流互感器电流比可选 150/5。另外，电流互感器的准确等级一般选 1.0 级或 0.5 级。

2. 安装电能表

电能表一般应装在配电板的左边或上方，开关装在右边或下方。上、下进线间的距离大约为 80mm，与其他仪表左右距离大约为 60mm。安装时，电能表与地面必须垂直，否则将影响电能表计数的准确性。电能表在配电板中的一般安装位置如图 5-26 所示。

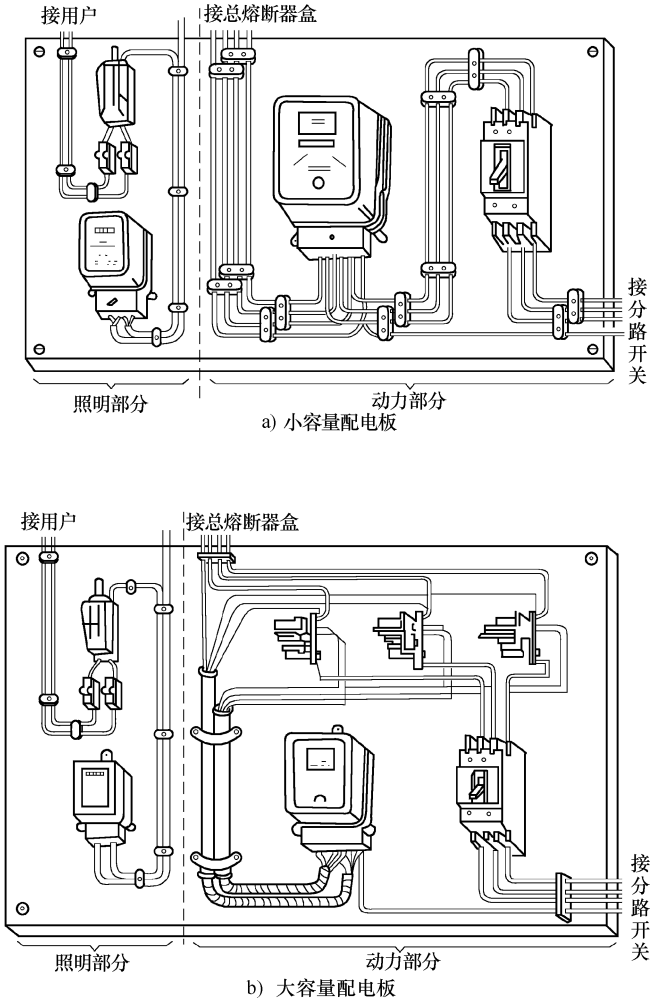
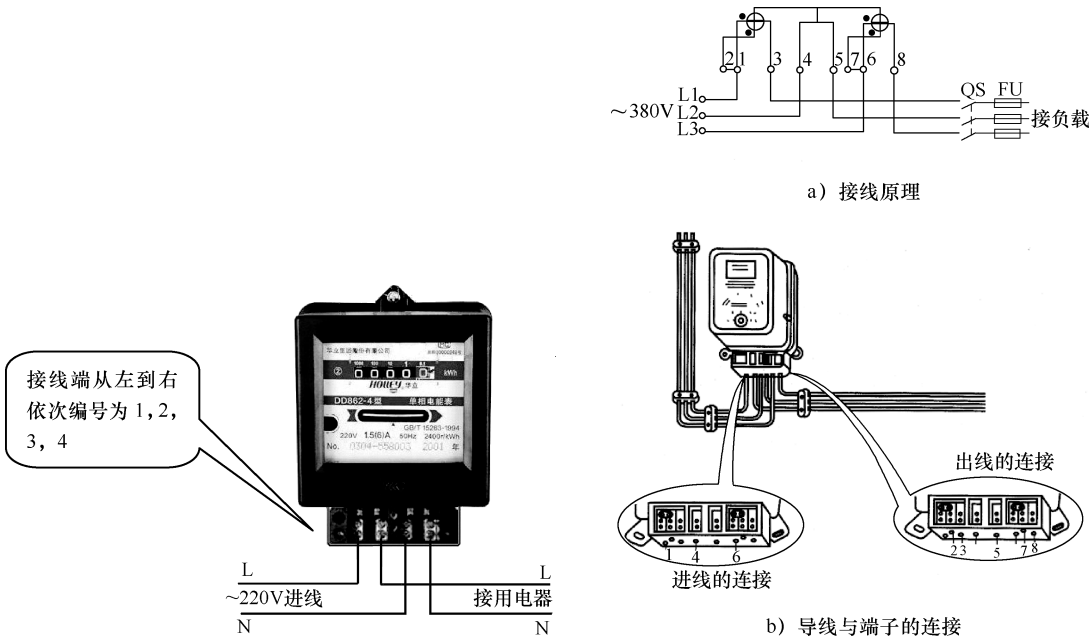


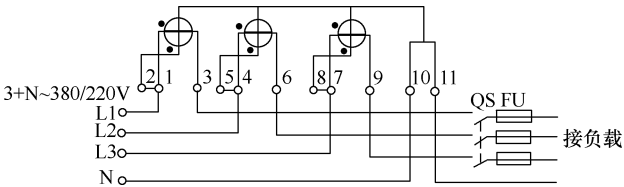
图 5-26 电能表在配电板中的一般安装位置

1) 单相电能表的接线盒里共有 4 个接线桩（为了便于说明，按照从左到右按 1、2、3、4 编号），电能表的 1、3 号端子为电源进线；2、4 号端子为电源的出线，并且与开关、熔断器、负载连接，如图 5-27 所示。国产电能表统一采用这种接线方式。

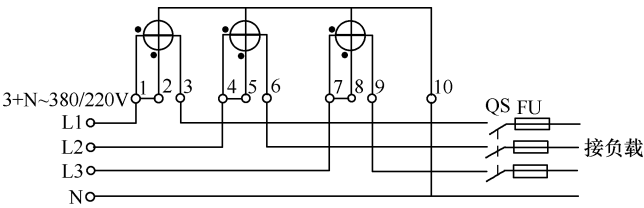
2) DS 型 5 ~ 10A 三相三线有功电能表直入式接线原理，如图 5-28a 所示。导线与端子的连接，如图 5-28b 所示。



3) DT 型 5 ~ 10A 三相四线有功电能表直入式接线原理，如图 5-29 所示。



4) DT 型 40 ~ 80A 三相四线有功电能表直入式接线原理，如图 5-30 所示。



5) DS 型三相三线有功电能表配电流互感器的接线原理，如图 5-31 所示。

6) DS 型三相三线有功电能表配电压互感器、电流互感器接线原理，如图 5-32 所示。

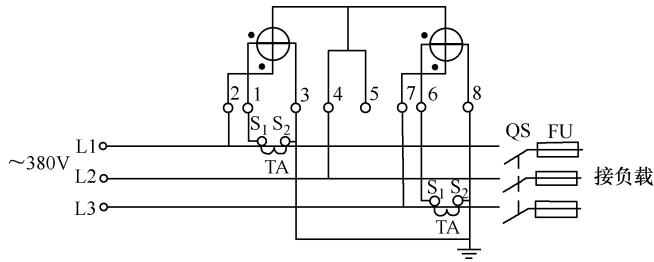


图 5-31 DS 型三相三线有功电能表配电流互感器的接线

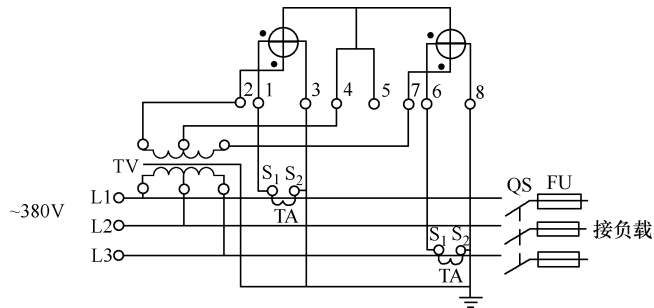


图 5-32 DS 型三相三线有功电能表配电压互感器、电流互感器接线

7) DT 型三相四线有功电能表配电流互感器的接线原理，如图 5-33 所示。

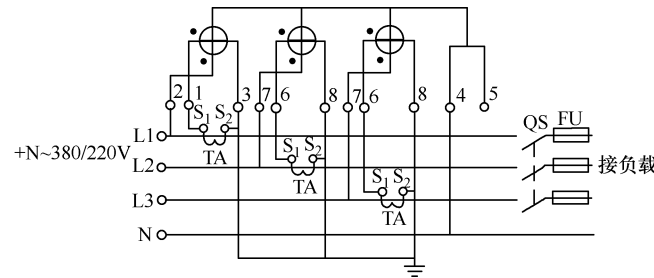


图 5-33 DT 型三相四线有功电能表配电流互感器的接线



指点迷津

电能表安装注意事项如下：

- 1) 电能表的表身要安装端正，与地面保持垂直如图 5-34 所示。电能表如有明显倾斜，容易造成计度不准、停走或空走等故障。

2) 电能表的安装高度应符合安全规定。在农村,电能表可适当安装得高一些,但要便于维护和抄表。

3) 电能表最好是安装在配电箱中。

4) 接线要正确,接线盒内的接线柱螺钉要拧紧。电压连接片(俗称过桥板)螺钉不能有松动,电压连接片不能悬空,如图5-35所示。否则,电能表铝盘不走,计度器不计数。



图5-34 电能表要安装端正

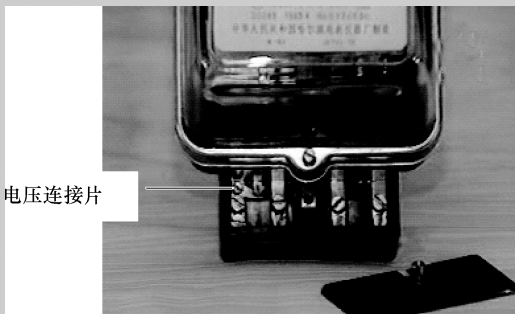


图5-35 电压连接片的位置

5) 三相电能表要按照规定的相序(正相序)接线。三相四线的零线必须进入电能表内,开关、熔断器应接于电能表的负载侧。

6) 与电能表相连接的导线必须使用铜芯绝缘导线,导线的截面积应能满足导线的安全载流量及机械强度的要求,导线中间不得有接头。

7) 更换电能表拆线时,先拆电源侧,后拆负荷侧;恢复时,先接负荷侧,后接电源侧。

8) 送电后,要仔细观察电能表运行是否正常。如运行正常,应按照规定正确加封印。

5.3.3 配电柜(盘、箱)的安装

1. 配电柜(盘)的检查

外观检查:柜(盘、箱)本体应无损伤及变形,油漆完整无损。

内部检查:电器装置及元器件、绝缘瓷件齐全,无损伤、裂纹等缺陷。

安装前,应核对设备的编号是否与安装位置相符,按设计图样检查其箱号、箱内回路号。柜门、箱门接地应采用软铜编织线,专用接线端子。

2. 作业条件

配电柜(盘、箱)安装场所土建应具备内粉刷完成、门窗已装好的基本条件。预埋管道及预埋件均应清理好;场地具备运输条件,保持道路平整畅通。

3. 配电柜(盘)定位

根据设计要求,在现场确定配电柜(盘、箱)的安装位置,按照其外形尺寸进行弹线定位。

4. 基础型钢安装

1) 按图样要求预制加工基础型钢架，并做好防腐处理，按施工图样所标位置，将预制好的基础型钢架放在预留铁件上，找平、找正后将基础型钢架、预埋铁件、垫片用电焊焊牢。最终基础型钢顶部宜高出抹平地面 10mm。

2) 基础型钢安装完毕后，应将接地线与基础型钢的两端焊牢，焊接面为扁钢宽度的两倍，然后与柜接地排可靠连接，并做好防腐处理。

5. 配电柜（盘）安装

1) 应按施工图的布置，将配电柜（盘）按照顺序逐一就位在基础型钢上。对单独配电柜（盘）的柜面和侧面的垂直度的进行调整可用加垫铁的方法解决，但不可超过三片，并焊接牢固。成列配电柜（盘）各台就位后，应对柜的水平度及盘面偏差进行调整，应调整到符合施工规范的规定。

2) 柜（盘）调整结束后，应用螺栓将柜体与基础型钢进行紧固。

3) 柜（盘）接地：每台柜（盘）单独与基础型钢连接，可采用铜线将柜内 PE 排与接地螺栓可靠连接，并必须加弹簧垫圈进行防松处理。每扇柜门应分别用铜编织线或多芯软线与 PE 排可靠连接，如图 5-36 所示。

4) 柜（盘）顶与母线进行连接，要采用配套扳手按照要求进行紧固，接触面应涂中性凡士林。相间母线排连接时，应注意母线排是否距离其他器件或壳体太近，并注意相位正确。

5) 控制回路检查。应检查线路是否因运输等因素而松脱，并逐一进行紧固，电器元件是否损坏。原则上柜（盘）控制线路在出厂时就进行了校验，不应对柜内线路私自进行调整，发现问题应与供应商联系。

6) 控制线校线后，将每根芯线煨成圆圈，用镀锌螺钉、眼圈、弹簧垫连接在每个端子板上。端子板的每侧，一般一个端子压一根线，最多不能超过两根。多股线应涮锡，不准有断股。

6. 配电箱安装

1) 挂墙式的配电箱可采用膨胀螺栓固定在墙上，但空心砖或砌块墙上要预埋燕尾螺栓或采用对拉螺栓进行固定。

2) 安装嵌入式配电箱应预埋套箱，安装后面板应与墙面齐平，如图 5-37 所示。

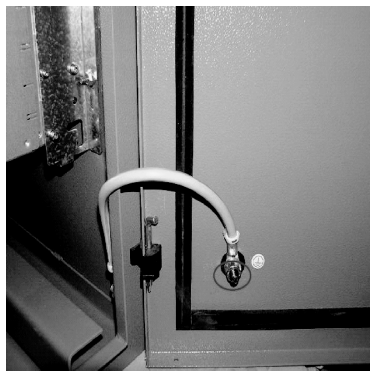


图 5-36 配电柜柜门接地

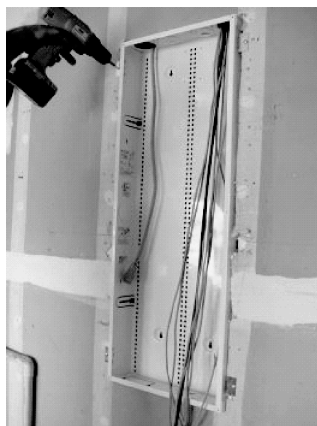


图 5-37 预埋套箱

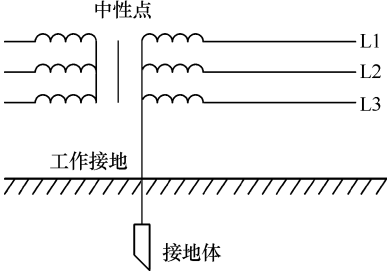
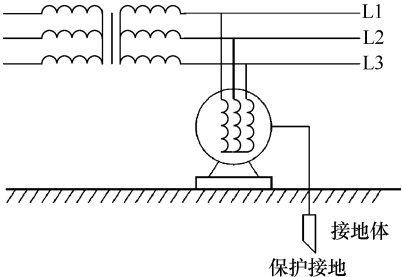
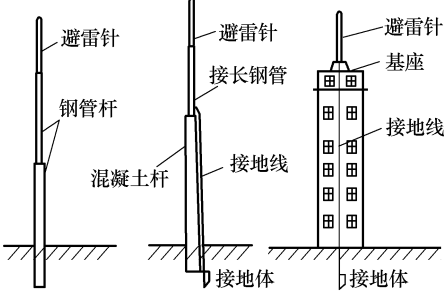
5.4 电气设备的防雷与接地

5.4.1 电气设备的接地和接零

1. 接地的类型

为保护人身和设备的安全，电气设备一般应根据实际情况采取接地措施。接地的类型见表 5-18。

表 5-18 接地的类型

接 地 方 式		说 明	原 理 图
工作接地		在三相交流电力系统中，供电的电源变压器低压中性点接地称为工作接地。采取工作接地，可减小高压窜入低压的危险，减低低压某一相接地时的触电危险 工作接地是低压电网运行的主要安全设施，工作接地电阻必须小于 4Ω	
安全 接地	保护接地	为了防止电气设备外露的不带电导体意外带电造成危险，将该电气设备经保护接地线与深埋在地下的接地体紧密连接起来的做法叫保护接地 保护接地是中性点不接地低压系统的主要安全措施。在一般低压系统中，保护接地的电阻应小于 4Ω	
	防雷接地	为了防止电气设备和建筑物因遭受雷击而受损，将避雷针、避雷线、避雷器等防雷设备进行接地，叫做防雷接地	

(续)

接 地 方 式	说 明	原 理 图
防静电接地	为消除生产过程中产生的静电而设置的接地，叫做防静电接地	
屏蔽接地	为防止电磁感应而对电力设备的金属外壳、屏蔽罩、屏蔽线的外皮或建筑物金属屏蔽体等进行接地，叫做屏蔽接地	
安全 接地	重复接地 三相四线制的零线（或中性点）一处或多处经接地装置与大地再次可靠连接，称为重复接地	
	共同接地 在接地保护系统中，将接地干线或分支线多点与接地装置连接，叫做共同接地	

2. 对接地装置的技术要求

为了保证接地装置起到安全保护作用，一般接地装置应满足以下要求：

- 1) 低压电气设备接地装置的接地电阻不宜超过 4Ω 。
- 2) 低压线路零线每一重复接地装置的接地电阻不应大于 10Ω 。
- 3) 在接地电阻允许达到 10Ω 的电力网中，每一个重复接地装置的接地电阻不应超过 30Ω ，但重复接地不应少于 3 处。
- 4) 接地线与接地体连接处一般应焊接。如采用搭接焊，其搭接长度必须为扁钢宽度的 2 倍或圆钢直径的 6 倍。如焊接困难，可用螺栓连接，但应采取可靠的防锈措施。

3. 接地保护的应用范围

在中性点不接地电网中，电气设备及其装置，除特殊规定要求外，均应采取接地保护，以防其漏电时对人体及设备构成危害。采用接地保护的电气设备及其装置主要有

- 1) 电动机、变压器、开关、携带式或移动式用电设备的金属底座及外壳。
- 2) 电气设备的传动装置。

- 3) 互感器的二次绕组。
- 4) 配电屏、控制柜(台)、保护屏及配电箱(柜)等的金属外壳或构架。
- 5) 配电装置的金属构架、钢筋混凝土构架以及靠近带电部位的金属遮栏或围栏。
- 6) 电缆接头盒、终端盒的金属外壳、电缆保护钢管以及电缆的金属护套、屏蔽层、金属支架等。
- 7) 装避雷线的电力线路的杆塔。
- 8) 非沥青地面的居民区内,无避雷线的小电流接地架空电力线路的金属杆塔或钢筋混凝土杆塔。

电气设备的下列金属部分,除特殊规定要求外,可不接地:

- 1) 在木质、沥青等不良导电地面的干燥房间内,交流额定电压 380V 及以下、直流额定电压 440V 及以下的电气设备外壳,但当维护人员可能同时触及电气设备外壳和接地物体时以及有爆炸危险场所除外。
- 2) 在干燥场所,交流额定电压 127V 及以下、直流额定电压 440V 及以下电气设备外壳,但爆炸危险场所除外。
- 3) 安装在屏、柜、箱上的电气测量仪表、继电器和其他低压电器的外壳,以及当发生绝缘结构损坏时,在支持物上不会引起危险电压的绝缘子金属底座。
- 4) 安装在已接地的金属构架上的设备,如穿墙套管,但应保证其底座与构架接触良好。爆炸危险场所除外。
- 5) 额定电压 220V 及以下的蓄电池室内的金属支架。
- 6) 与已接地的机床机座、底座之间有可靠电气接触的电动机和电器的金属外壳,但危险爆炸场所除外。
- 7) 由工业企业区域内引出的铁路导轨。
- 8) 木杆塔、木构架上绝缘子的金具横担。如果电气设备在高处,作业人员必须登上木梯才能接近作业时,由于人体触及故障带电体的危险性较小,而人体同时触及带电体和电气设备外壳的可能性和危险性较大,一般不应采取保护接地措施。

4. 保护接零

把电气设备在正常情况下不带电的金属部分与电网的零线(或中性线)紧密地连接起来,称为保护接零。保护接零的方法适合于三相四线制供电系统(TN-C)和三相五线制供电系统(TN-S)。

- 1) 在中性点接地的三相四线制供电系统(TN-C)中,保护零线(PE)与工作零线(N)合二为一,即工作零线也充当保护零线,如图 5-38 所示。

当电气设备绝缘损坏,金属外壳带电时,由于保护接零的导线电阻很小,相当于对中性线短路,这种很大的短路电流将使线路的保护装置迅速动作,切断电路。这样既保护了人身安全又保护了设备安全。

- 2) 在三相五线制供电系统(TN-S)中,专用保护零线(PE)和工作零线(N)除在变压器中性点共同接地外,两根线不再有任何联系,严格分开,如图 5-39 所示。

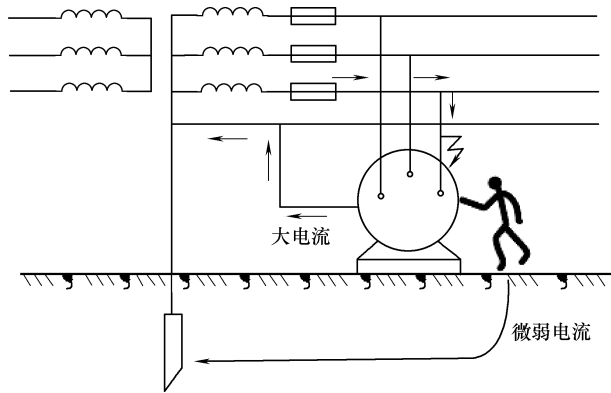


图 5-38 TN-C 系统保护接零原理图

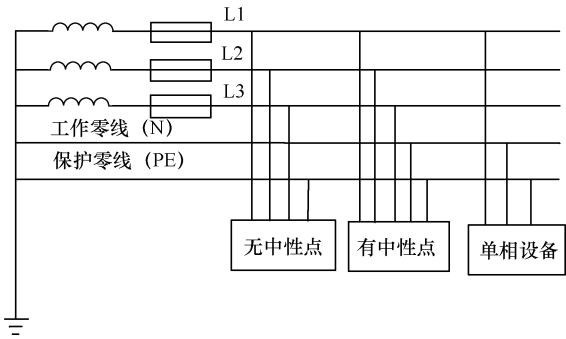


图 5-39 TN-S 系统的保护接零

 指点迷津

保护接地与保护接零的比较见表 5-19。

表 5-19 保护接地与保护接零的比较

比 较		保 护 接 地	保 护 接 零
相同点		都属于用来保护电气设备金属外壳带电而采取的保护措施	
		适用的电气设备基本相同	
		都要求有一个良好的接地或接零装置	
区别	适用系统不同	适用于中性点不接地的高、低压供电系统	适用于中性点接地的低压供电系统
	线路连接不同	接地线直接与接地系统相连	保护接零线则直接与电网的中性线连接，再通过中性线接地
	要求不同	要求每个电器都要接地	只要求三相四线制系统的中性点接地

5.4.2 接地装置的应用及安装

接地装置包括接地体和接地引线。接地体又分自然接地体与人工接地体两种，而接地引线则是与接地体可靠连接的导线，也称接地线。

1. 自然接地体的应用

自然接地体包括直接与大地可靠接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建筑物的基础、金属管道和设备（通过或储存易燃易爆介质的除外）、水工构筑物和类似构筑物的金属桩。交流电气设备应充分利用自然接地体，即可节约钢材和人工费用，又可降低绝缘电阻，但应注意以下几点：

1) 利用自然接地体并外引接地装置时，应用不少于两根导体在不同地点与人工接地体可靠连接，但电力线路除外。

2) 直流电力回路中，不应利用自然接地体接地。直流电力回路中专用的中性线、接地体和接地引线不应与自然接地体相连接。

3) 自然接地体的接地电阻符合要求时，一般不再设人工接地体，但发电厂和变电所及爆炸危险场所除外。当自然接地体在运行时连接不可靠或阻值较大不能满足要求时，应采用人工接地体。

4) 当利用自然、人工两种接地体时，应将自然接地体与人工接地体分开。

2. 人工接地体的应用

人工接地体一般为垂直敷设，通常用 $\phi 40 \sim 50\text{mm}$ 镀锌钢管或 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 4\text{mm} \sim 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的镀锌角钢或 $\phi 25 \sim 30\text{mm}$ 的镀锌圆钢，长度一般为 $2500 \sim 3000\text{mm}$ ，垂直打入深约 0.8m 的沟内，如图 5-40 所示（图中数字的单位为 mm ），其根数的多少及排列布置由接地电阻值决定。

在多岩石地区，接地体可水平敷设，一般采用 $40\text{mm} \times 4\text{mm} \sim 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的镀锌扁钢或 $\phi 16 \sim 20\text{mm}$ 的镀锌圆钢，埋设在深 0.8m 的沟内。其布置排列图形及长度则由接地电阻值决定，常用的水平排列布置如图 5-41 所示。

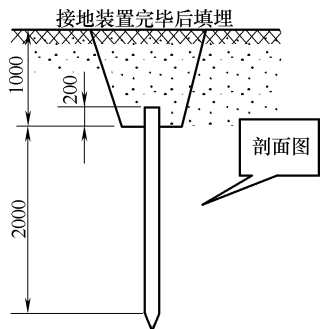


图 5-40 垂直接地体的设置

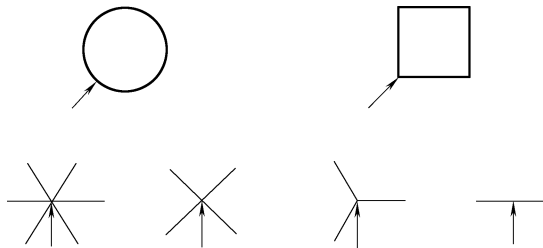


图 5-41 水平接地体的布置

3. 接地体的加工

根据设计要求的数量，材料规格进行加工，材料一般采用钢管和角钢切割。如采用钢

管打入地下应根据土质加工成一定的形状。遇到松软的土壤时，可切成斜面形。

为了避免打入时受力不均使管子歪斜，也可加工成扁尖形；遇土质很硬时，可将尖端加工成锥形，如选用角钢时，角钢的一端应加工成尖头形状。

4. 接地线的应用

接地引线应尽量利用自然导体，如建筑物或构筑物的钢结构梁、柱、架，钢筋混凝土结构内部的主钢筋（连接时必须双面搭接焊），生产用的金属结构中的起重机轨道，配电装置的金属外壳，走廊、平台、电梯竖井内部的主筋，配线用的钢管、电缆金属构架、铅铝外皮等。

工业车间或其他场所如电气设备较多时，应设置接地干线。车间接地干线一般为沿车间四周墙体明设，距地 300mm，与墙有 15mm 的距离。材料一般为 $15\text{mm} \times 4\text{mm} \sim 40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的镀锌扁钢。

人工接地线的材料一般为镀锌扁钢 $30\text{mm} \times 4\text{mm} \sim 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 或 $\phi 8 \sim 12\text{mm}$ 的镀锌圆钢，沿深 0.8m 的沟敷设，并与接地体可靠焊接并涂沥青漆。

5. 接地线的安装

接地干线应与接地体连接的扁钢相连接，可分为室内与室外连接两种，室外接地干线与支线一般敷设在沟内。室内的接地干线多为明敷，但部分设备连接的支线需经过地面，也可以埋设在混凝土内。

(1) 室外接地干线敷设

1) 首先进行接地干线的调直、测位、打眼、煨弯，并将断接卡子及接地端子装好。

2) 敷设前先按设计要求的位置和尺寸挖沟，然后将扁钢放平埋入。回填土应压实但不需打夯，接地干线末端露出地面应不超过 0.5m，以便接引地线。

(2) 室内接地干线明敷设

1) 预留孔与埋设支持件。按设计要求尺寸位置，预留出接地线孔，预留孔的大小应比敷设接地干的厚度、宽度各大出 6mm 以上。

2) 支持件固定。根据设计要求先在砖墙（或加气混凝土墙、空心砖）上确定坐标轴线位置，然后随砌墙将预制成 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的方木样板放入墙内待墙砌好后将方木样板剔出，然后将支持件放入孔内，同时洒水淋湿孔洞，再用水泥砂浆将支持件埋牢，待凝固后使用。现浇混凝土墙上固定支架，先根据设计图要求弹线定位，钻孔，支架做燕尾埋入孔中，找平正，用水泥砂浆进行固定。

(3) 明敷接地线安装

当支持件埋设完毕，水泥砂浆凝固后，可敷设墙上的接地线。将接地扁钢沿墙吊起，在支持件一端用卡子将扁钢固定，经过隔墙时穿跨预留孔，接地干线连接处应焊接牢固。末端预留或连接应符合设计要求。

5.4.3 电气设备的防雷

1. 防雷装置的作用

防雷装置也称避雷装置，主要有避雷针、避雷线（避雷网、接闪带）、避雷器和保护

间隙等装置，各个装置的作用见表 5-20。

表 5-20 防雷装置的作用

装置名称	作用
避雷针	主要用来保护高耸孤立的建筑物或构筑物及其周围的设施，也常用来保护室外的变配电装置，如变电所、变电站；避雷线常与架空线路同杆塔架设，用来保护架空线路
避雷网	主要用来保护平顶且面积较大的建筑物
接闪带	一般常与避雷针、避雷网配合使用，用来保护高层建筑的立侧面，以避免受到侧雷击的侵害
避雷器	属于专用防雷设备，常与设备线路连接，用来保护线路、电气设备及其他电气设施，避免其过电压
保护间隙	保护间隙是一种简易的防雷装置，可以自制，主要是用来保护线路和电气设备



指点迷津

避雷装置必须与接地装置可靠连接，才能有防雷作用。

2. 避雷针

避雷针不但能保护被保护物，还能保护被保护物周围一定范围内的建筑物。避雷针的保护范围是按一定规则经过计算确定的。

避雷针一般用直径为 25mm 的镀锌圆钢制成，长为 2500mm，端部呈尖状，也可分叉设置。避雷针应垂直安装在被保护物的顶部，将避雷针的尾部用镀锌圆钢或镀锌扁钢经被保护物的四壁用支持物引下与接地装置可靠连接，如图 5-42 所示。避雷针的接地电阻一般不大于 10Ω。



图 5-42 安装避雷针

3. 避雷线

避雷线不但能保护被保护线路，也能保护被保护线路周围一定范围内的设施。避雷线的保护范围也是按一定规则经过计算确定的。

避雷线一般用直径为 25 ~ 50mm 的镀锌钢绞线与架空线路同杆塔架设，架设方法及垂度要求与架空线路相同，并且在首尾及中间各部位与接地装置相连，接地电阻不大于 10Ω，最大不得超过 30Ω。与接地装置的相连可利用混凝土杆的主筋或用镀锌圆钢或扁钢沿

杆而下，也可用塔身金属件本身引下，与接地装置可靠连接。杆塔上部的引下线应与相线保持允许的安全距离，用塔身引下时，塔身螺栓连接的连接部位必须焊接跨接线，跨接线的截面积应不小于引下线的截面积。

在雷电活动频繁、雷电强度大、雷暴日较多的地区，处于易受雷击建筑物附近的交流供电线路，可按如图 5-43 所示方法对高压电力线以及变压器实施保护。

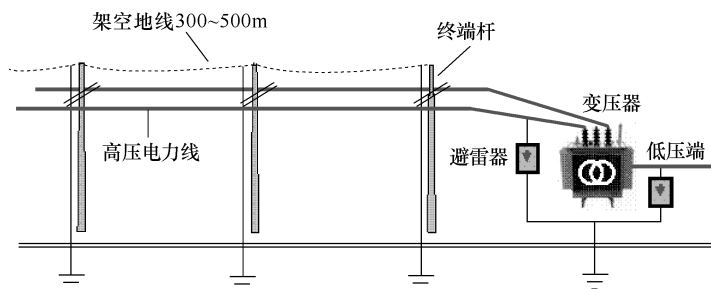


图 5-43 高压电力线路防雷保护示意图

4. 避雷网

避雷网是保护平顶或斜顶屋面且屋顶面积较大的建筑物的。它是沿屋顶边缘及凸出物、屋面凸出物的边缘设置避雷线，进而形成避雷网。避雷线一般用 $\phi 12 \sim 16\text{mm}$ 的镀锌圆钢制成，并用同径圆钢或专用卡子支持，卡子间距一般为 $600 \sim 800\text{mm}$ ，如图 5-44 所示。

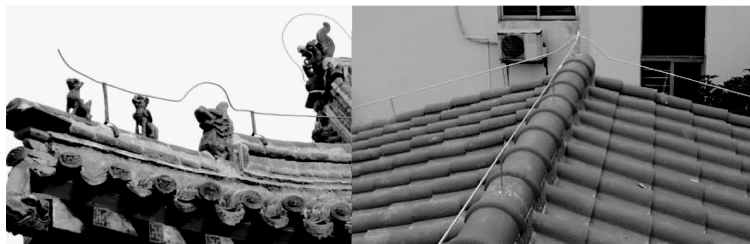


图 5-44 在建筑物上设置避雷网示例

在屋顶同样用 $\phi 12 \sim 16\text{mm}$ 镀锌圆钢将屋外分成 $6\text{m} \times 6\text{m}$ 、 $60\text{m} \times 10\text{m}$ 或 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的方格，并与屋缘先设置的避雷线相焊接，再用专用支座将屋面的镀锌圆钢线网格支起，支座的间距一般为 $1000 \sim 1200\text{mm}$ 。

最后同样用 $\phi 12 \sim 16\text{mm}$ 镀锌圆钢在屋面四角或两个角将做好的避雷网引至地下的接地装置，引下线与避雷网焊接后沿墙引下，并用专用支持卡子支好。卡子间距为 $2000 \sim 2500\text{mm}$ 。引下线也可用钢筋混凝土柱子内的主筋代用，但连接必须可靠。

避雷网保护范围一般是自身，不必计算，但在设置避雷网的周围较低的建筑也在保护范围内。设置避雷网的建筑物的侧面或四角处的保护范围可参考避雷针的保护范围进行估算。因此，建筑群内较低的建筑一般可不设避雷网。

5. 接闪带

接闪带曾经称为避雷带，是用来保护高层建筑的立面或侧面免遭雷击的，它和屋顶的

避雷网或避雷针一起组成了完整的避雷系统。

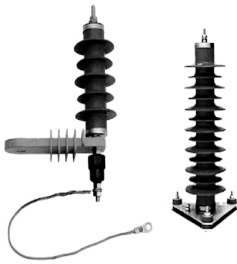
自建筑物的 30m 高处及以上每三层沿建筑物四周应设接闪带。接闪带一般用 $\phi 12\text{mm}$ 圆钢或 $12\text{mm} \times 4\text{mm}$ 扁钢铸入建筑物圈梁的外皮上（即拆模后应裸露在混凝土圈梁的外皮上），并与柱子的主筋可靠焊接。同时，建筑物四周墙壁上的金属窗、金属构架（物）必须与接闪带多点可靠连接。接闪带的保护范围同避雷网。

6. 避雷器

避雷器的工作原理较为简单，就是把它设置在线路或电气设备上，当工作电压正常时，装置与地是绝缘的，当有雷电侵入或电压增高，装置与地由绝缘变成导通并击穿放电，将雷电流或过电压引入到大地，限制电压或电流，起保护作用。雷电或过电压过后，迅速恢复原来对地绝缘的状态，准备再次起保护作用。

避雷器一般分四种类型，见表 5-21。

表 5-21 避雷器的类型

类 型	结构特点及应用	图 示
保护间隙	结构简单，但性能较差。一般常用于电压不高且不太重要的线路上或农村线路上	
管形避雷器	实际是一种具有较高熄弧能力的保护间隙，它由两个串联间隙组成。常用于 10kV 配电线路，作为变压器、开关、电容器、电缆头、套管等电气设备的防雷保护。适用于工频电网容量小、线路长、短路电流不大而雷电活动又很强且频繁的农村或山区	
阀形避雷器	结构复杂，常用于 3 ~ 550kV 电气线路、变配电设备、电动机、开关等的防雷保护。适用于交直流电网，不受容量、线路长短及短路电流的限制，工业系统中的变配电所、电气设备及线路都能使用	
氧化锌避雷器	无放电延时，大气过电压作用后无工频续流，可经受多重雷击，残压低，通流容量大，体积小，重量轻，使用寿命长，运行维护简单，常用于 0.25 ~ 550kV 电气系统及电气设备的防雷及过电压保护，也适用于低压侧的过电压保护	

电动机应用技能



6.1 常用电动机简介

6.1.1 电动机的作用及类型

1. 电动机的作用

电动机是把电能转换成机械能的一种设备，它是利用通电线圈在磁场中受力转动的原理制成的，它把输入的电能转变成机械能而输出，送到各种用电器或生产机械上，从而拖动生产机械或用电器运行。也就是说，电动机的主要作用是产生驱动力矩，作为用电器或机械设备的动力源。

2. 电动机的分类

电动机是目前应用最广泛的机电设备，电动机的分类见表 6-1。电力系统中的电动机大部分是交流电动机，它们可以是同步电动机也可以是异步电动机（电机定子磁场转速与转子旋转转速不保持同步速）。

表 6-1 电动机的分类

分 类 方 法	种 类		
按工作电源分	直流电动机	有刷直流电动机	永磁直流电动机
			电磁直流电动机
		无刷直流电动机	稀土永磁直流电动机
			铁氧体永磁直流电动机
			铝镍钴永磁直流电动机
	交流电动机	单相电动机	单相电阻起动异步电动机
			单相电容起动异步电动机
			单相电容运转异步电动机
			单相电容起动和运转异步电动机
			单相罩极式异步电动机
		三相电动机	三相笼形异步电动机
			三相绕线型异步电动机

(续)

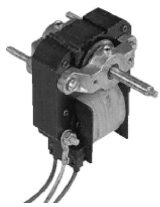
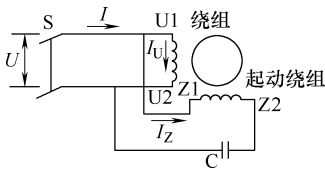
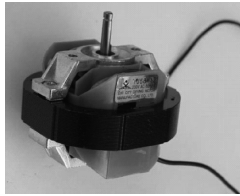
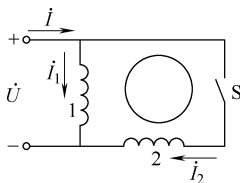
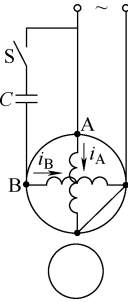
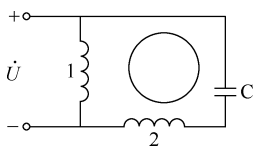
分 类 方 法	种 类		
按结构及工作原理分	同步电动机	永磁同步电动机	
		磁阻同步电动机	
		磁滞同步电动机	
	异步电动机	感应电动机	三相异步电动机
			单相异步电动机
			罩极异步电动机
		交流换向器电动机	单相串励电动机
			交直流两用电动机
			排斥电动机
按用途分	驱动用电动机	电动工具用电动机（包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具用电动机）	
		家电用电动机（包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器等电动机）	
		其他通用小型机械设备（包括各种小型机床、小型机械、医疗器械、电子仪器等）用电动机	
	控制用电动机	步进电动机	
		伺服电动机	
按转子结构分	笼型异步电动机		
	绕线转子异步电动机		
按运转速度分	高速电动机		
	低速电动机	齿轮减速电动机	
		电磁减速电动机	
		力矩电动机	
		爪极同步电动机	
	恒速电动机		
	调速电动机	有级恒速电动机	
		无级恒速电动机	
		有级变速电动机	
		无级变速电动机	
		电磁调速电动机	
		直流调速电动机	
		PWM 变频调速电动机	
		开关磁阻调速电动机	

3. 单相异步电动机的种类

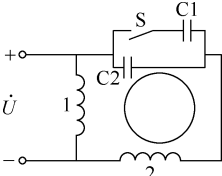
单相异步电动机种类很多，在家用电器中使用的单相异步电动机按照起动和运行分

类，基本上只有两大类 6 种，见表 6-2。这些电动机的结构虽有差别，但是其基本工作原理是相同的。

表 6-2 家用电器中使用的单相异步电动机

种 类	实 物 图	结构图或原理图	结 构 特 点
单 相 罩 极 式 电动机			单相罩极式电动机的转子仍为笼型，定子有凸极式和隐极式两种，原理完全相同。一般采用结构简单的凸极式
			
分 相 式 单 相 异 步 电 动机			单相分相式异步电动机在定子上除了装有单相主绕组外，还装了一个起动绕组，这两个绕组在空间上成 90° 电角度，起动时两绕组虽然接到同一个单相电源上，但可设法使两绕组电流不同相。这样两个空间位置正交的交流绕组通以时间上不同相的电流，在气隙中就能产生一个合成旋转磁场。起动结束，使起动绕组断开即可
			
			

(续)

种 类	实 物 图	结构图或原理图	结 构 特 点
电 容 起 动 和 运 转 单 相 异 步 电 动 机			

4. 三相交流电动机的种类

三相交流异步电动机的种类见表 6-3。

表 6-3 三相交流异步电动机的种类

电动机种类			主要性能特点	典型生产机械举例
异步电动机	笼型	普通笼型	机械特性硬，起动转矩不大，调速时需要调速设备	调试性能要求不高的各种机床、水泵、通风机等
		高起动转矩	起动转矩大	带冲击性负载的机械，如剪床、冲床、锻压机；静止负载或惯性负载较大的机械，如压缩机、粉碎机、小型起重机等
		多速	有 2 ~4 挡转速	要求有级调速的机床、电梯、冷却塔
	绕线式		机械特性硬（转子串电阻后变软）、起动转矩大、调速方法多、调速性能和起动性能较好	要求有一定调速范围、调速性能较好的生产机械，如桥式起重机；起动、制动频繁且对起动、制动转矩要求高的生产机械，如起重機、矿井提升机、压缩机、不可逆轧钢机等
	同步电动机		转速不随负载变化，功率因素可调节	转速恒定的大功率生产机械，如大中型鼓风机及排风机、泵、压缩机、连续式轧钢机、球磨机等

5. 直流电动机的种类

直流电动机按励磁方式可分为他励式、自励式。在自励式电动机中，按励磁绕组接入方式分为并励式、串励式、复励式 3 种。复励式又分为积复励和差复励两种。

直流电动机的励磁方式不同，其运行特性和适用场合也不同，见表 6-4。

表 6-4 直流电动机的分类及应用

种 类	结 构 说 明	图 示	主要性能特点	典 型 应 用
他励直流电动机	励磁绕组由其他直流电源供电，与电枢绕组之间没有电的联系。永磁直流电动机也属于他励直流电动机，因其励磁磁场与电枢电流无关		机械特性硬、 起动转矩大、 调速范围宽、 平滑性好	调速性能要求高的生产机械，如大型机床（车、铣、刨、磨、镗）、高精度车床、可逆轧钢机、造纸机、印刷机等
并励直流电动机	励磁电压等于电枢绕组端电压，励磁绕组的导线细而匝数多。励磁绕组与电枢绕组并联		机械特性软、 起动转矩大、 过载能力强、 调速方便	要求起动转矩大、机械特性软的机械，如电车、电气机车、起重机、吊车、卷扬机、电梯等
串励直流电动机	励磁电流等于电枢电流，励磁绕组的导线粗而匝数较少。励磁绕组与电枢绕组串联		机械特性硬 度适中、起动 转矩大、调速 方便	
复励直流电动机	每个主磁极上套有两套励磁绕组，一个与电枢绕组并联，称为并励绕组。一个与电枢绕组串联，称为串励绕组。两个绕组产生的磁动势方向相同时称为积复励，两个磁动势方向相反时称为差复励，通常采用积复励方式			

6.1.2 电动机的铭牌及结构

1. 电动机的铭牌及含义

电动机铭牌如图 6-1 所示，其铭牌数据及额定值的含义见表 6-5。



图 6-1 电动机的铭牌示例

表 6-5 电动机铭牌数据及额定值的含义

项 目	含 义
型号	表示电动机的系列品种、性能、防护结构形式、转子类型等产品代号
功率	表示额定运行时电动机轴上输出的额定机械功率，单位为 kW
电压	直接加到定子绕组上的线电压（V），电动机有 Y 形和 Δ 形两种接法，其接法应与电动机铭牌规定的接法相符，以保证与额定电压相适应
电流	电动机在额定电压和额定频率下，并输出额定功率时定子绕组的三相线电流
频率	指电动机所接交流电源的频率，我国规定为 50Hz ± 1Hz
转速	电动机在额定电压、额定频率、额定负载下，电动机每分钟的转速（r/min）；例如 2 极电动机的同步转速为 2880r/min
工作定额	指电动机运行的持续时间
绝缘等级	电动机绝缘材料的等级，决定电动机的允许温升
标准编号	表示设计电动机的技术文件依据
励磁电压	指同步电动机在额定工作时的励磁电压（V）
励磁电流	指同步电动机在额定工作时的励磁电流（A）

2. 单相异步电动机的基本结构

在单相异步电动机中，专用电动机占有很大比例，它们的结构各有特点，形式繁多。但就其共性而言，单相异步电动机的基本结构都由固定部分（定子）、转动部分（转子）、支撑部分（端盖和轴承等）三大部分组成，如图 6-2 所示。

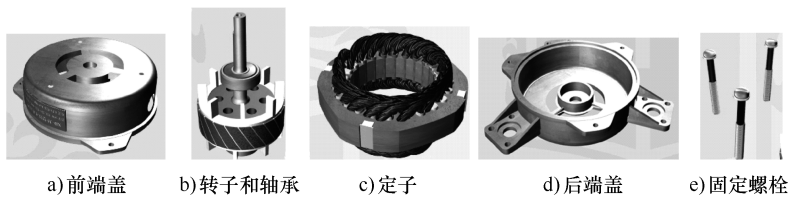


图 6-2 单相异步电动机的内部结构

单相异步电动机的外部结构如图 6-3 所示，主要有机座、铁心、绕组、端盖、轴承、离心开关或起动继电器和 PTC 起动器、铭牌等，见表 6-6。

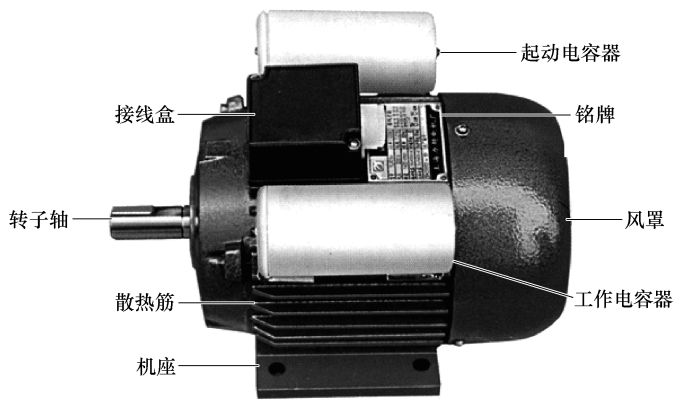


图 6-3 单相异步电动机的外部结构

表 6-6 单相异步电动机各组成部分的作用

名 称	组成及作用
机座	机座结构因电动机的冷却方式、防护型式、安装方式和用途的不同而不同。按其材料分类，有铸铁、铸铝和钢板结构 3 种 铸铁机座，带有散热筋。铸铝机座一般不带有散热筋。钢板结构机座，通常由厚为 1.5 ~ 2.5mm 的薄钢板卷制、焊接而成，再焊上钢板冲压件的底脚 有的专用电动机的机座相当特殊，如电冰箱的电动机，它通常与压缩机一起装在一个密封的罐子里。而洗衣机的电动机，包括甩干机的电动机，均无机座，端盖直接固定在定子铁心上
铁心	包括定子铁心和转子铁心，其作用是用来构成电动机的磁路
绕组	单相异步电动机定子绕组常做成两相：主绕组（工作绕组）和副绕组（起动绕组）。两种绕组的中轴线错开一定的电角度，目的是为了改善起动性能和运行性能 定子绕组多采用高强度聚酯漆包线绕制。转子绕组一般采用笼型绕组，常用铝压铸而成
端盖	对应于不同的机座材料，端盖也有铸铁件、铸铝件和钢板冲压件
轴承	轴承有滚珠轴承和含油轴承两大类，如图 6-4 所示
离心开关	在单相异步电动机中，除了电容运转电动机外，在起动过程中，当转子转速达到同步转速的 70% 左右时，常借助于离心开关（见图 6-5），切除单相电阻起动异步电动机和电容起动异步电动机的起动绕组，或切除电容起动及运转异步电动机的起动电容器。离心开关一般安装在轴承端盖的内侧
起动继电器	有些电动机，如电冰箱电动机，由于它与压缩机组装在一起，并放置在密封的罐子里，不便于安装离心开关，就用起动继电器代替。如图 6-6 所示，继电器的吸铁线圈串联在主绕组回路中，起动时，主绕组电流很大，衔铁动作，使串联在副绕组回路中的动合触点闭合。于是副绕组接通，电动机处于两相绕组运行状态。随着转子转速上升，主绕组电流不断下降，吸引线圈的吸力下降。当到达一定的转速，电磁铁的吸力小于触点的反作用弹簧的拉力，触点被打开，副绕组就脱离电源
PTC 起动器	最新式电动机起动元件是“PTC”热敏电阻，这是一种新型的半导体元件，可用作延时型起动开关，如图 6-7 所示。使用时将 PTC 元件与电容起动或电阻起动电动机的副绕组串联。在起动初期，因 PTC 热敏电阻尚未发热，阻值很低，副绕组处于通路状态，电动机开始起动。随着时间的推移，电动机的转速不断增加，PTC 元件的温度上升，电阻剧增，此时的副绕组电路相当于断开。当电动机停止运行后，PTC 元件温度不断下降，2 ~ 3min 后可以重新起动
铭牌	单相异步电动机的铭牌标注的项目有：电动机名称、型号、标准编号、制造厂名、出厂编号、额定电压、额定功率、额定电流、额定转速、绕组接法、绝缘等级等



图 6-4 轴承



图 6-5 离心开关

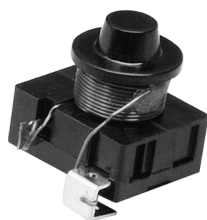


图 6-6 重锤式起动继电器



图 6-7 PTC 起动继电器

3. 三相电动机的基本结构

虽然三相异步电动机的种类较多，例如绕线式电动机、笼型电动机等，但其主要结构都离不开以下三个部分。

（1）磁路部分（包括定子铁心和转子铁心）

定子铁心由 0.35 ~ 0.5mm 厚表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成，减少了由于交变磁通通过而引起的铁心涡流损耗。铁心内圆有均匀分布的槽口，用来嵌放定子绕圈。

转子铁心用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，套在转轴上，作用和定子铁心相同，一方面作为电动机磁路的一部分，一方面用来安放转子绕组。

（2）电路部分（包括定子绕组和转子绕组）

定子绕组，三相绕组由三个彼此独立的绕组组成，且每个绕组又由若干线圈连接而成。线圈由绝缘铜导线或绝缘铝导线绕制。

笼型电动机转子的绕组是在铁心槽内放置铜条，铜条的两端用短路环焊接起来。为了简化制造工艺，小容量异步电动机的笼型转子都是熔化的铝浇铸在槽内而成，称为铸铝转子。在浇铸的同时，把转子的短路环和端部的冷却风扇也一样用铝铸成。

绕线转子绕组和定子绕组一样，也是一个用绝缘导线绕成的三相对称绕组，被嵌放在转子铁心槽中，接成星形。绕组的三个出线端分别接到转轴端部的三个彼此绝缘的铜制集电环上。通过集电环与支持在端盖上的电刷构成滑动接触，把转子绕组的三个出线端引到机座上的接线盒内，以便与外部变阻器连接，故绕线式转子又称集电环式转子。

（3）机械部分（包括机座、端子、轴和轴承等）

三相异步电动机的基本结构如图 6-8 所示。

三相异步电动机各个部件的作用，见表 6-7。

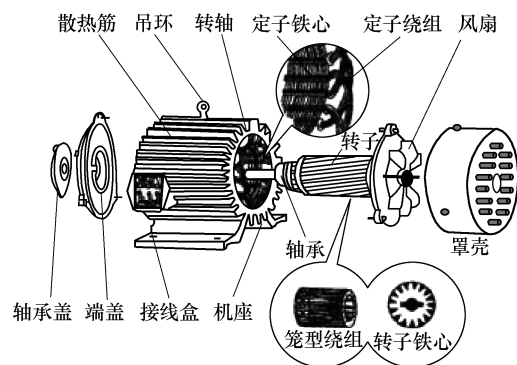
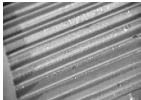
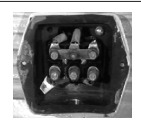
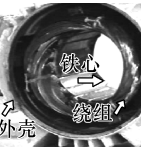
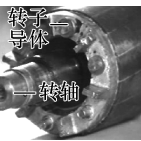
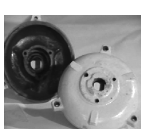


图 6-8 三相异步电动机的基本结构

表 6-7 三相异步电动机各个部件的作用

名 称	实 物 图	作 用
散热筋片		向外部传导热量
机座		固定电动机
接线盒		电动机绕组与外部电源连接
铭牌		介绍电动机的类型、主要性能、技术指标和使用条件
吊环		用来起吊、搬抬电动机
定子		通入三相交流电源时产生旋转磁场
转子		在定子旋转磁场感应下产生电磁转矩，沿着旋转磁场方向转动，并输出动力带动生产机械运转
前、后端盖		把转子固定在定子内腔中心，使转子能够在定子中均匀地旋转

(续)

名 称	实 物 图	作 用
轴承盖		固定转子，使转子不能轴向移动；同时起存放润滑油和保护轴承的作用
轴承		保证电动机高速运转并处在中心位置的部件
风罩、风叶		冷却、防尘和安全保护

6.2 电动机的拆卸与装配

6.2.1 电动机的拆卸

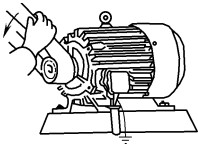
1. 准备工作

- 1) 备齐拆装工具，如拉钩、油盘、活扳手、锤子、螺钉旋具、纯铜棒、钢套筒和毛刷等工具。特别是要准备好拉钩、套筒、铜棒等专用工具。
- 2) 选好电动机拆装的合适地点，并事先清洁和整理好现场环境。
- 3) 做好标记，如标出电源线在接线盒中的相序，标出联轴器或带轮与轴台的距离，标出端盖、轴承、轴承盖和机座的负荷端与非负荷端，标出机座在基础上的准确位置，标出绕组引出线在机座上的出口方向。
- 4) 拆除电源线和保护接地线。
- 5) 拆下地脚螺母，将电动机拆离基础并运至解体现场，若机座与基础之间有垫片，应做好记录并妥善保存。

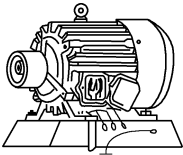
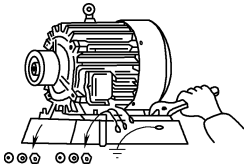
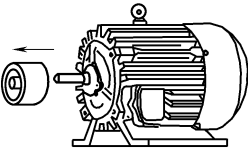
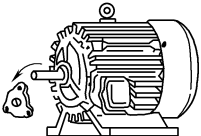
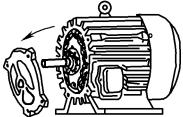
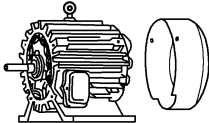
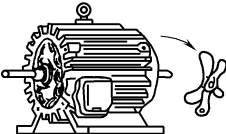
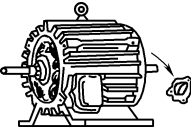
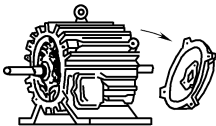
2. 电动机的拆卸步骤及方法

拆卸电动机时，一般按照表 6-8 所示步骤及方法进行。

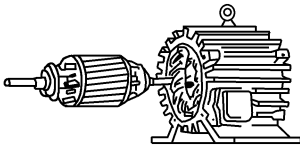
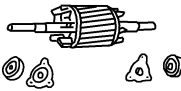
表 6-8 三相异步电动机拆卸步骤及方法

步 骤	方 法	图 示
1	切断电源，卸下皮带	

(续)

步 骤	方 法	图 示
2	拆去接线盒内的电源接线和接地线	
3	卸下底脚螺母、弹簧垫圈和平垫片	
4	卸下带轮	
5	卸下前轴承外盖	
6	卸下前端盖	
7	卸下风叶罩	
8	卸下风叶	
9	卸下后轴承外盖	
10	卸下后端盖	

(续)

步 骤	方 法	图 示
11	卸下转子	
12	用拉具拆卸前后轴承及轴承内盖	



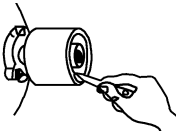
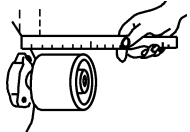
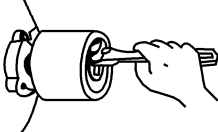
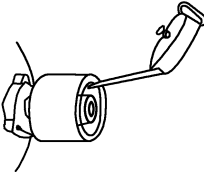
指点迷津

对一般中、小型电动机，只拆除风叶罩、风叶、前轴承外盖和前端盖，而后轴承外盖、后端盖连同前后轴承、轴承内盖及转子一起抽出即可。

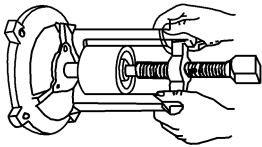
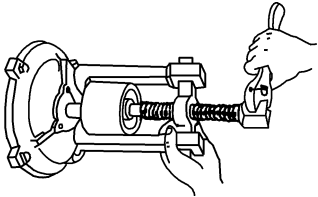
3. 拆卸联轴器或带轮

拆卸联轴器或带轮的步骤及方法见表 6-9。

表 6-9 拆卸联轴器或带轮的步骤及方法

步 骤	方 法	图 示
1	用记号笔标示带轮或联轴器的正反面，以免安装时装反	
2	用尺子量一下带轮或联轴器在轴上的位置，记住带轮或联轴器与前端盖之间的距离	
3	旋下压紧螺钉或取下销子	
4	在螺钉孔内注入煤油	

(续)

步 骤	方 法	图 示
5	装上拉具，拉具有两脚和三脚之分，各脚之间的距离要调整好	
6	拉具的丝杆顶端要对准电动机轴的中心，转动丝杆，使带轮或联轴器慢慢地脱离转轴	

 指点迷津

在拆卸联轴器或带轮时，应注意以下事项。

- 1) 如果带轮或联轴器一时拉不下来，切忌硬卸，可在定位螺钉孔内注入煤油或松动剂，等待几小时以后再拉。若还拉不下来，可用喷灯将带轮或联轴器四周加热，加热的温度不宜太高，要防止轴变形。
- 2) 在拆卸过程中，不能用手锤直接敲出带轮或联轴器，以免带轮或联轴器碎裂、轴变形、端盖等受损。

4. 拆卸轴承盖和端盖

1) 拆卸轴承外盖的方法比较简单，只要旋下固定轴承盖的螺钉，就可把外盖取下，如图 6-9 所示。

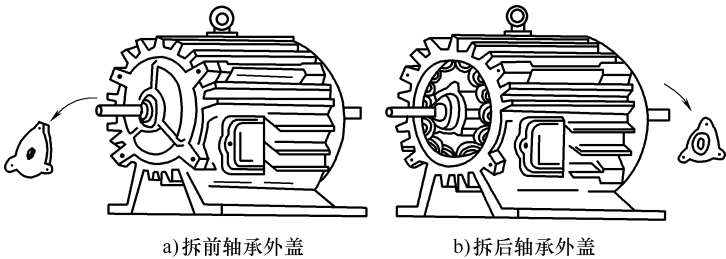


图 6-9 拆前、后轴承外盖

拆卸端盖前，应在机壳与端盖接缝处做好标记。然后旋下固定端盖的螺钉。通常端盖上都有两个拆卸螺孔，用从端盖上拆下的螺钉旋进拆卸螺孔，就能将端盖逐步顶出来。

若没有拆卸螺孔，可用大小适宜的扁凿，插在端盖突出的耳朵处，按端盖对角线依次向外撬，直至卸下端盖。

但要注意，前后两个端盖拆下后要标上记号，如图 6-10 所示，以免将来安装时前后装错。

5. 拆卸风罩和风叶

风罩和风叶的拆卸步骤如下：

1) 选择适当的旋具，旋出风罩与机壳的固定螺钉，即可取下风罩。

2) 将转轴尾部风叶上的定位螺钉或销子拧下，用小锤在风叶四周轻轻地均匀敲打，风叶就可取下，如图 6-11 所示。若是小型电动机，则风叶通常不必拆下，可随转子一起抽出。

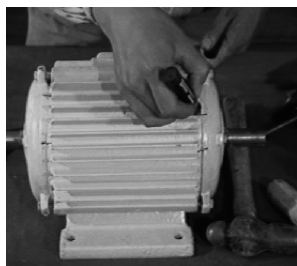


图 6-10 在端盖标上对正记号

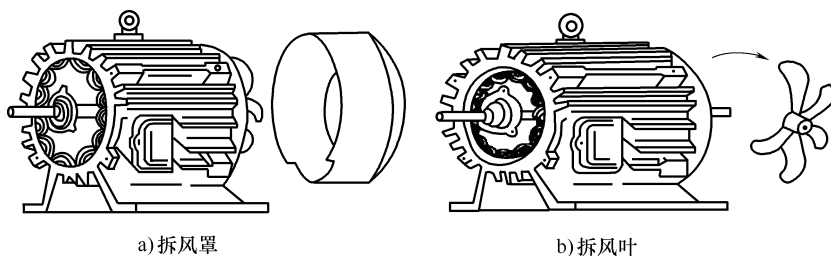


图 6-11 拆风罩和风叶

6. 拆卸转子

1) 拆卸小型电动机的转子时，要一手握住转子，把转子拉出一些，随后用另一只手托住转子铁心渐渐往外移，如图 6-12 所示。要注意，不能碰伤定子绕组。

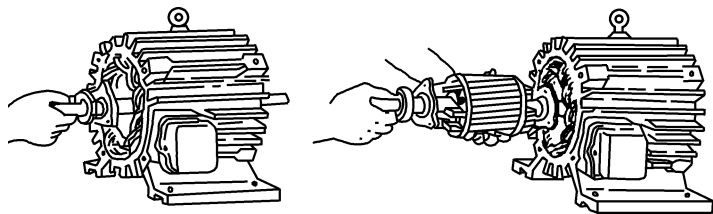


图 6-12 小型电动机转子的拆卸

2) 拆卸中型电动机的转子时，要一人抬住转轴的一端，另一人抬住转轴的另一端，渐渐地把转子往外移，如图 6-13 所示。

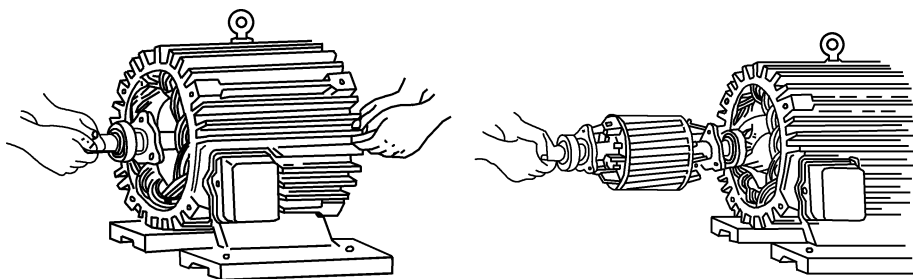


图 6-13 中型电动机转子的拆卸

3) 拆卸大型电动机的转子时, 要用起重设备分段吊出转子。具体方法如下。

① 用钢丝绳套住转子两端的轴颈, 并在钢丝绳与轴颈之间衬一层纸板或棉纱头。

② 起吊转子, 当转子的重心移出定子时, 在定子与转子的间隙中塞入纸板垫衬, 并在转子移出的轴端垫支架或木块搁住转子。

③ 将钢丝绳改吊转子, 在钢丝绳与转子之间塞入纸板垫衬, 如图 6-14 所示。这时就可以把转子全部吊出。

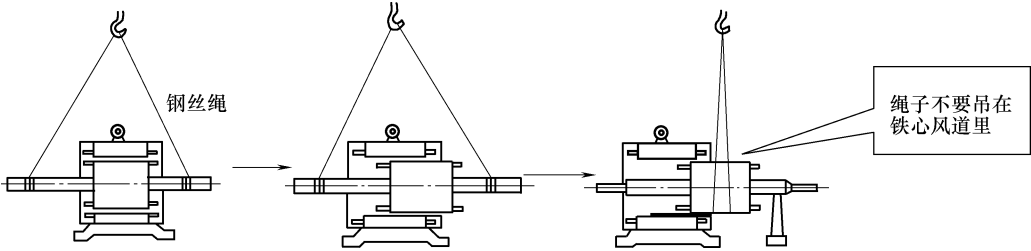


图 6-14 吊转子

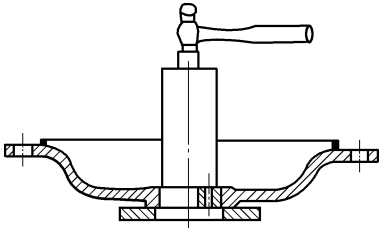
7. 拆卸轴承

拆卸轴承的几种方法见表 6-10。

表 6-10 拆卸轴承的几种方法

序 号	方 法	操 作 说 明	图 示
1	用 拉 具 拆 卸	根据轴承的大小, 选好适宜的拉力器, 夹住轴承, 拉力器的脚爪应紧扣在轴承的内圈上, 拉力器的丝杆顶点要对准转子轴的中心, 扳转丝杆要慢, 用力要均匀	
2	用 铜 棒 拆 卸	轴承的内圈垫上铜棒, 用手锤敲打铜棒, 把轴承敲出 敲打时, 要在轴承内圈四周的相对两侧轮流均匀敲打, 不可偏敲一边, 用力不要过猛	
3	搁 在 圆 桶 上 拆 卸	在轴承的内圆下面用两块铁板夹住, 搁在一只内径略大于转子外径的圆桶上面, 在轴的端面垫上块, 用手锤敲打, 着力点对准轴的中心 应在圆桶内放一些棉纱头, 以防轴承脱下时摔坏转子。当敲到轴承逐渐松动时, 用力要减弱	

(续)

序 号	方 法	操 作 说 明	图 示
4	轴 承 在端盖内 的拆卸	在拆卸电动机时，若遇到轴承留在端盖的轴承孔内时，可把端盖止口面朝上，平滑地搁在两块铁板上，垫上一段直径小于轴承外径的金属棒，用手锤沿轴承外圈敲打金属棒，将轴承敲出	
5	加 热 拆卸	因轴承装配过紧或轴承氧化不易拆卸时，可用 100 ℃ 左右的机油淋浇在轴承内圈上，趁热用上述方法拆卸	

6.2.2 电动机的装配

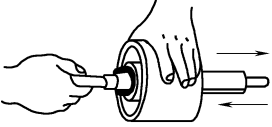
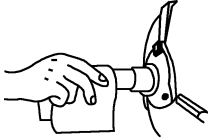
1. 准备工作

- 1) 检查装配工具是否齐备、适用；检查装配环境、场地是否清洁、合适。
- 2) 彻底清扫定子、转子内表面的尘垢、漆瘤，用灯光检查气隙、通风沟、止口处和其他空隙有无杂物。如有，必须清除干净。
- 3) 检查槽楔、绑扎带和绝缘材料是否到位，是否有松动、脱落，有无高出定子铁心表面的地方。如有，应清除掉。
- 4) 检查各相定子绕组的冷态直流电阻是否基本相同，各相绕组对地绝缘电阻和相间绝缘电阻是否符合要求。
- 5) 装配步骤，原则上与拆卸步骤相反。

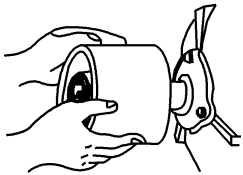
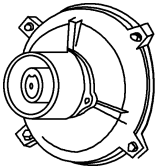
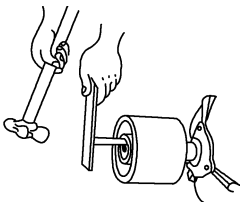
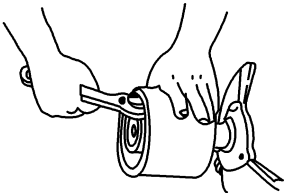
2. 安装带轮或联轴器

安装带轮或联轴器的步骤及方法及表 6-11。

表 6-11 安装带轮或联轴器的步骤及方法

步 骤	方 法	图 示
1	取一块细纱纸卷在圆锉或圆木棍上，把带轮或联轴器的轴孔打磨光滑	
2	用细纱纸把转轴的表面打磨光滑	

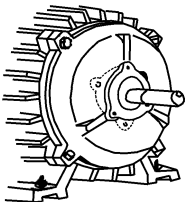
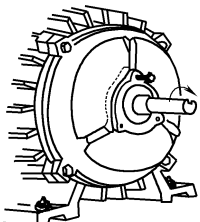
(续)

步 骤	方 法	图 示
3	对准键槽，把带轮或联轴器套在转轴上	
4	调整带轮或联轴器与转轴之间的键槽位置	
5	用铁板垫在键的一端，轻轻敲打，使键慢慢进入槽内 键在槽里要松紧适宜，太紧会损伤键和键槽，太松会使电动机运转时打滑，损伤键和键槽	
6	拧紧压紧螺钉	

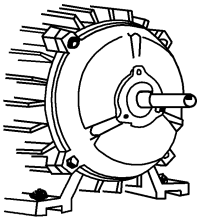
3. 安装轴承外盖

安装轴承外盖的步骤及方法见表 6-12。

表 6-12 安装轴承外盖的步骤及方法

步 骤	方 法	图 示
1	装上轴承外盖	
2	插上一颗螺栓，用一只手顶住螺钉，另一只手转动转轴，使轴承的内盖也跟着转动，当转到轴承内外盖的螺栓孔一致时，把螺栓顶入内盖的螺栓孔里，并拧紧	

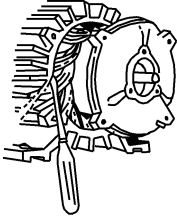
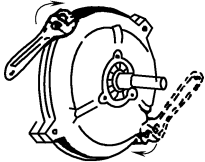
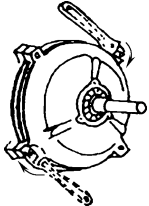
(续)

步 骤	方 法	图 示
3	把其余两个螺钉也装上，拧紧	

4. 安装端盖

安装端盖的步骤及方法见表 6-13。

表 6-13 安装端盖的步骤及方法

步 骤	方 法	图 示
1	去除端盖口的污物	
2	去除机壳口的污物，再对准机壳上的螺栓孔把端盖装	
3	插上一对螺栓，按对角线先后把螺栓拧紧	
4	插上另一对螺栓，用同样的方法先后把螺栓拧紧 注意：螺栓切不可有松有紧，以免损伤端盖	



指点迷津

在固定端盖螺钉时，不可一次将一边端盖拧紧，应将另一边端盖装上后，两边同时拧紧。要随时转动转子，看其是否能灵活转动，以免装配后电动机旋转困难。

5. 安装转子

转子的安装是转子拆卸的逆过程。安装时，要对准定子中心把转子小心地往里送。要注意，不能碰伤定子绕组。

6. 安装轴承

(1) 安装轴承前的准备工作

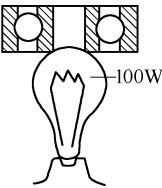
- 1) 将轴承和轴承盖用煤油清洗后，检查轴承有无裂纹，滚道内有无锈迹等。
- 2) 用手旋转轴承外圈，观察其转动是否灵活、均匀。根据实际情况来决定轴承是否需要更换。
- 3) 如不需要更换，再将轴承用汽油洗干净，用清洁的布擦干待装。
- 4) 更换新轴承时，应将其放在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 的变压器油中，加热 5min 左右，待全部防锈油溶去后，再用汽油洗净，用洁净的布擦干待装。

(2) 安装轴承常用的几种方法（见表 6-14）

表 6-14 安装轴承常用的几种方法

序 号	方 法	操 作 说 明	图 示
1	敲打法	把轴承套到轴上，对准轴颈，用一段铁管，其内径略大于轴颈直径，外径略大于轴承内圈的外径，铁管的一端顶在轴承的内圈上，用手锤敲铁管的另一端，把轴承敲进去	
		如果没有铁管，也可用铁条顶住轴承的内圈，对称地、轻轻地敲，轴承也能水平地套入转轴	
2	热装法	如配合度较紧，为了避免把轴承内环胀裂或损伤配合面，可采用热装法。 先将轴承放在油锅（或油槽内）里加热，油的温度保持在 100°C 左右，轴承必须浸没在油中，又不能和锅底接触，可用铁丝将轴承吊起架空。 在加热，$30 \sim 40\text{min}$ 后，把轴承取出，趁热迅速地将轴承一直推到轴颈	

(续)

序 号	方 法	操 作 说 明	图 示
2	热装法	在条件所限情况下, 可将轴承放在 100W 灯泡上烤热, 1h 后即可套在轴上	

7. 电动机装配完工后的检验

- 1) 检查机械部分的装配质量, 包括检查所有紧固螺钉是否拧紧, 转子转动是否灵活, 有无扫膛、有无松旷现象; 轴承内是否有杂声; 机座在基础上是否复位准确, 安装牢固, 与生产机械的配合是否良好。
- 2) 检测三相绕组每相的对地绝缘电阻和相间绝缘电阻, 其阻值不得小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。
- 3) 按铭牌要求接好电源线, 在机壳上接好保护接地线; 接通电源, 用钳形电流表检测三相空载电流, 看是否符合允许值。
- 4) 听运转中有无异响, 特别是听轴承有无杂音。如图 6-15 所示, 用长柄螺钉旋具头放在电动机轴承外的小油盖上, 耳朵贴紧螺钉旋具柄, 细心听运行中有无杂音、振动, 以判断轴承的运行情况。如果声音异常, 可判断轴承已经损坏。



图 6-15 听电动机轴承有无杂音

5) 检查电动机温升是否正常。

最简易的方法是用手摸一摸电动机外壳, 以判断电动机是否过热。正常运行的电动机, 其外壳温度不会过高, 不会烫得烧手; 如果烫得烧手, 可能电动机的温升过高。也可以在电动机外壳上滴上几滴水, 如果电动机不过热, 水滴会慢慢蒸发冒热气; 如果滴上水滴立即很快蒸发冒气并发出“滋滋”声, 就说明电动机温升过高。

较准确的是在电动机吊环孔内插入一支温度计 (孔口可用碎布或棉花密封) 来测量温升。温度计测得的温度一般比绕组最热点温度低 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。根据测得的温度可推算最热点的温度, 正常运行时, 不应超过该电动机绝缘等级规定的最高允许温度。

6.3 电动机的安装

电动机安装的作业流程是：底座基础建造（包括地脚螺栓埋设）→安装前的检查→安装就位与校正→传动装置的安装与校正→接线→空载试验（试车）。

6.3.1 电动机安装基础的建造

电动机安装基础有永久性、临时性及流动性等形式。

1. 永久性的电动机基础

永久性的基础一般在生产、修配、产品加工或电力排灌站等处的电动机上采用。这种基础一般用混凝土浇筑，也可用砖、石条或石板等做成。

1) 电动机的永久性基础一般采用混凝土浇筑。混凝土用 1 份水泥、2 份黄沙、3 份碎石拌和。如果电动机的重量超过 1t 以上，可制成钢筋混凝土基础，以增加其强度。

2) 当采用混凝土基础若无设计要求时，基础重量一般不应小于电动机重量的 3 倍，基础高出地面的尺寸 H 取 100 ~ 150mm， B 和 L 的尺寸，按电动机机座安装尺寸决定，每边比电动机底座宽 100 ~ 150mm，以保证埋设的地脚螺栓有足够的强度，如图 6-16 所示。

3) 制作地脚螺栓，其埋入基础的螺栓一端，要开成人字形开口，埋入长度一般为螺栓直径的 10 倍左右。“人”字开口长度约是埋入长度的一半，如图 6-17 所示。

4) 浇筑基础前，先挖好基坑，并夯实坑底防止基础下沉。用石子铺平、夯实，用水淋透。把基础模板放在上面，并埋进地脚螺栓，如图 6-18 所示。稳固电机的地脚螺栓应与混凝土基础牢固地结合成一体，浇灌前预留孔应清洗干净，螺栓本身不应歪斜，机械强度应能满足要求。

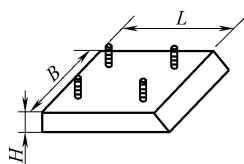


图 6-16 电动机底座基础尺寸的确定

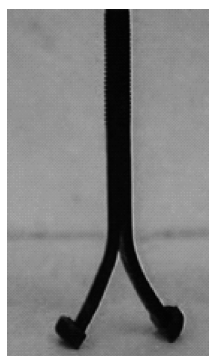


图 6-17 地脚螺栓

5) 浇好混凝土后，用草或草袋盖在其上，防止太阳直晒，并经常浇水。养护 7 日后，可拆除基础模板，在继续养护 7 ~ 10 日后，方可安装电动机。

6) 固定在底座基础上的电动机，一般应有不小于 1.2m 的维护通道，如图 6-19 所示。

7) 穿导线的钢管在浇注混凝土前要埋好，连接电动机一端的钢管，管口离地不得低

于 100mm，并要尽量接近电动机的接线盒，伸出钢管外的电缆要用软钢管伸入接线盒。

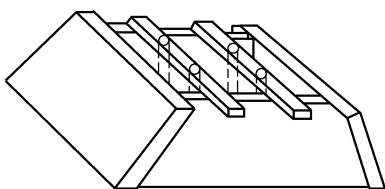


图 6-18 基础浇注模板

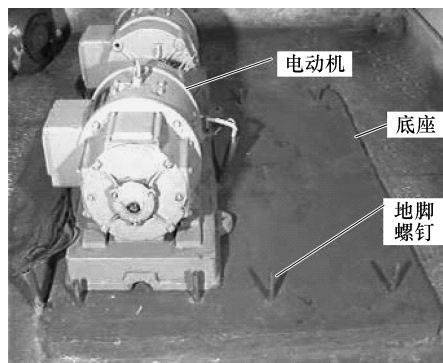


图 6-19 电动机的维护通道

2. 流动性和临时性基础

临时的抗旱排涝或建筑工地等流动性或临时性电动机安装基础，宜采用比较简单的基础制作，通常是把电动机固定在坚固的木架上。木架一般用 100mm × 200mm 的方木制成。为了可靠起见，可把方木底部埋在地下，并打木桩固定。

6.3.2 电动机安装前的检查

1. 开箱检查

- 1) 设备和器材的包装及密封应良好。
- 2) 开箱检查清点，规格应符合设计要求。
- 3) 附件、备件应齐全，产品的技术文件也应齐全。

2. 电动机的外观检查

- 1) 电动机外观应完好，不应有损伤现象；定子和转子分箱装运的电动机，其铁心、转子和轴颈应完整，无锈蚀现象；电动机的附件应无损伤。
- 2) 小心清除电动机上的尘土和防锈层，仔细检查在运输过程中有无变形和损坏，紧固件有无松动或脱落。

3. 抽心检查

在电动机检查过程中，若发现有下列情况之一时，应作抽心检查。

- 1) 电动机出厂期限超过制造厂保证期限。
- 2) 若制造厂无保证期限，出厂日期已超过 1 年。
- 3) 经外观检查或电气试验，质量可疑时。
- 4) 开启式电动机经端部检查可疑时。
- 5) 试运转时有异常情况。

4. 绝缘电阻检测

测量电动机的绝缘电阻，就是测量电动机绕组对机壳和绕组相互间的绝缘电阻。电动

机的绝缘电阻一般用绝缘电阻表进行测量。

测量电动机绕组对地（外壳）的绝缘电阻时，绝缘电阻表接线端钮 L 与绕组接线端子连接，端钮 E 接电动机外壳；测量电动机的相间绝缘电阻时，L 端钮和 E 端钮分别与两部分接线端子相接。

1) 各相绕组的始末端均引出机壳外的电动机应断开各相之间的连接线，分别测量每相绕组之间的绝缘电阻，即绕组对地（机壳）的绝缘电阻。测量时的接线方法是：绝缘电阻表接线端钮 L 与绕组接线端子连接，端钮 E 接电动机外壳。

测量各相绕组之间的绝缘电阻，即相间绝缘电阻。其接线方法是：绝缘电阻表的 L 端钮和 E 端钮分别与两部分接线端子相接。

2) 如果绕组只有始端或末端引出壳外的电动机，则应测量所有绕组对机壳的绝缘电阻。

3) 电动机的对地绝缘电阻和相间绝缘电阻均应不低于 $1\text{M}\Omega$ ，否则应对绕组进行干燥处理。

6.3.3 电动机安装就位与校正

1. 电动机的搬运

1) 质量在 100kg 以下的小型电动机，可用人力抬到底座基础上。人力搬运时需要两人配合，用绳子拴住电动机的吊环和底座，用杠棒来搬运，如图 6-20 所示。

2) 较重的电动机需用起重机或滑轮吊装。搬运时，可将钢丝绳穿入吊环，也可以套在电动机底座上进行搬运，如图 6-21 所示。在搬运过程中，要注意防止电动机左右摆动，以免损坏其他设备。



图 6-20 人力搬运电动机

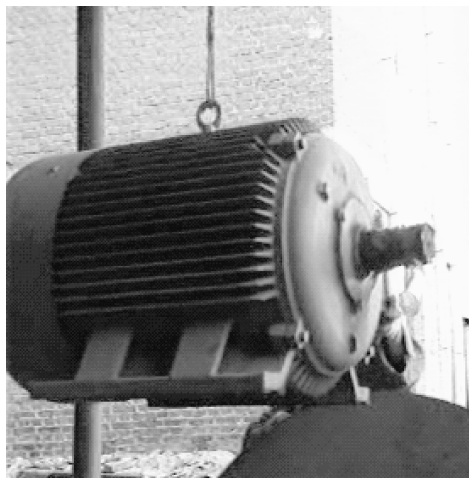


图 6-21 采用起重设备吊装电动机

2. 安装就位与校正

1) 安装防振物和弹簧垫圈。为防止振动,安装时要在电动机与基础之间垫衬一层质地坚韧的木板或硬橡胶等防振物,如图 6-22 所示。在 4 个地脚螺栓上都套上弹簧垫圈。

2) 拧紧固定底座螺母。将电动机放置好后拧紧螺母,拧螺母时要按对角交错次序拧紧,每个螺母要拧一样紧,如图 6-23 所示。

3) 为保证防振木与基础面接触严密,电动机底座安装完毕后,一般还要进行二次灌浆处理。

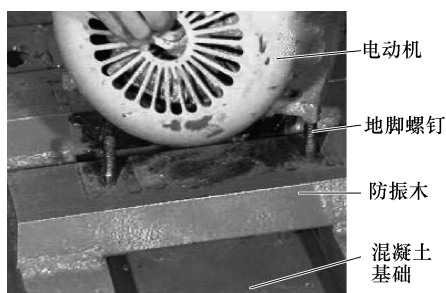


图 6-22 防振木的安装



图 6-23 固定电动机底座的螺母

4) 电动机的水平校正有纵向和横向水平校正两种,一般用水准器进行。校正时,用 0.5 ~ 5mm 厚的钢片垫在机座下,来调整电动机的水平度,不能用竹片或木片代替。

6.3.4 传动装置的安装与校正

电动机的传动装置若安装不好,会增加电动机的负载,严重时烧坏电动机的绕组后损坏电动机的轴承。

电动机传动形式一般有齿轮传动带传动和联轴器传动。

1. 齿轮传动装置的安装和校正

1) 安装齿轮传动装置时,安装的齿轮要与电动机配套,转轴纵横尺寸要配合安装齿轮的尺寸,所装齿轮的模数、直径和齿形等应与被动轮应配套,如图 6-24 所示。

2) 圆齿轮的中心线应平行,齿轮传动时,接触部分不应小于齿宽的 2/3。伞形齿轮的中心线应按规定角度交叉,咬合程度应一致。

3) 对齿轮传动装置进行校正,齿轮传动时,电动机的轴与被传动的轴应保持平行。其校正方法是用塞尺测量两齿轮啮合间隙是否均匀,如果间隙均匀,说明两轴已平行,如图 6-25 所示。否则,应予以调整。

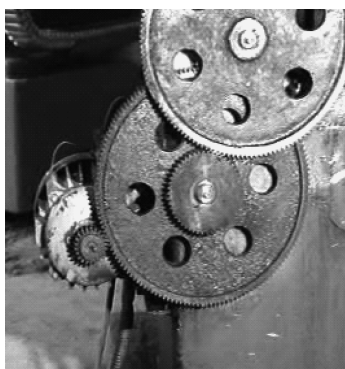


图 6-24 齿轮传动装置的安装



图 6-25 用塞尺测量齿间的间隙

2. 带传动装置的安装和校正

1) 安装带传动装置时，两个带轮的直径大小必须配套，如图 6-26 所示。若大小轮安装错，则会造成事故。

2) 两个带轮要安装在同一条直线上，且两轴要安装平行。否则，会增加传动装置的能量损耗，还会损坏皮带；若采用的是平皮带，则易造成脱带事故。

3) V 带轮必须装成一正一反，否则会影响调速。平带的接头必须正确，带扣正反面不能搞错，平带装上带轮时正反面不能搞错。

4) 对带传动装置进行校正，用带轮传动时必须使电动机带轮的轴和被传动机器带轮的轴保持平行，同时还要使两带轮宽度的中心线在同一直线上。

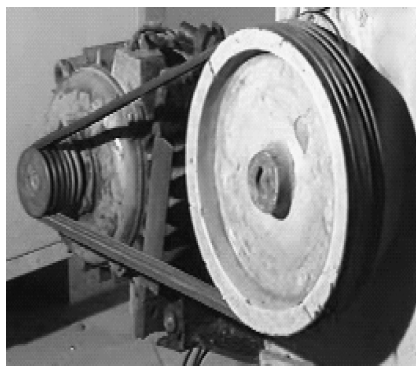


图 6-26 带传动装置的安装

3. 联轴器传动装置的安装和校正

1) 安装常用的弹性联轴节时，应先把两半片联轴节分别装在电动机和机械的轴上。

2) 把电动机移近连接处。

3) 两轴相对地处于一条直线上时，先初步拧紧电动机的机座地脚螺栓，但不要拧得太紧，接着用钢直尺搁在两半片联轴节上，然后用手转动电动机的转轴，旋转 180°。

4) 检查两半片联轴节高低是否一致，若高低不平应予以纠正，如图 6-27 所示。

5) 用手转动电动机转轴并旋转 180°，看两半片联轴节是否有高低，若有高低应予以纠正至高低一致。只有电动机和机械的轴处于同轴状态，才可把联轴器和地脚螺钉拧紧。

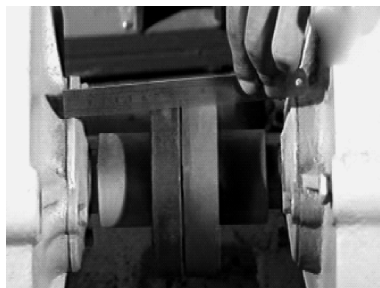


图 6-27 联轴器的校正

6.3.5 电动机的接线

1. 三相异步电动机定子绕组首尾端的判别

电动机的定子绕组是异步电动机的电路部分，它由三相对称绕组组成并按一定的空间角度依次嵌放在定子槽内。为了下面的叙述，我们把三相绕组的首端分别用 U_1 、 V_1 、 W_1 表示，对应的尾端用 U_2 、 V_2 、 W_2 表示。为了便于变换接法，三相绕组的 6 个端子头都引到电动机接线盒内的接线柱上，如图 6-28 所示。

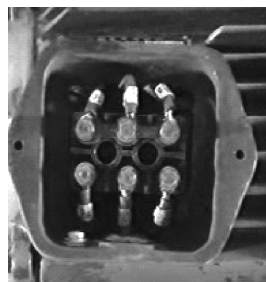


图 6-28 电动机的接线盒

当电动机接线板损坏，定子绕组的 6 个线头分不清楚时，不可盲目接线，以免引起电动机内部故障，因此必须分清 6 个线头的首尾端后才能接线。下面介绍万用表毫安挡测量法判别定子绕组首尾端的方法。

1) 将万用表调到 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡，分别测量 6 个线头的电阻值，其阻值接近于零时的两出线端为同一相绕组。用同样的方法，可判别出另外两相绕组。

2) 将万用表的转换开关置于直流毫安挡，并将三相绕组接成如图 6-29 所示的电路。根据万用表指针是否摆动，从而判别绕组的首尾端。

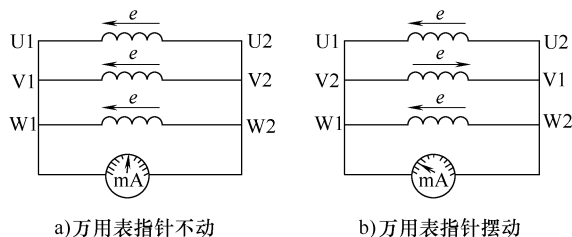


图 6-29 万用表毫安挡判别绕组的首尾端

3) 用手转动电动机的转子。若万用表指针不动，说明三相绕组首尾端的区分是正确的。

4) 若万用表指针动了，说明有一相绕组的首尾端接反了，应一相一相分别对调后重新试验，直到万用表指针不动为止。依此类推，从而判断出电动机定子绕组的首尾端。

注意，当某相绕组对调后万用表指针仍动，此时应将该相绕组两端还原，再对调另一相绕组，这样最多只要对调三次必定能区分出绕组的首尾端。

2. 绕组的星形、三角形联结

三相定子绕组按电源电压的不同和电动机铭牌上的要求，可接成星形 (γ) 或三角形 (Δ) 两种形式。

我们知道了绕组的首尾端，就可以正确地接成 γ 或 Δ 。连接时究竟接成 γ 或是 Δ ，要根据电源电压要求而定。如电动机铭牌上标注为 220/380V， Δ/γ 的电动机，当电源电压为 220V 时，定子绕组为 Δ 联结；当电源电压为 380V 时，定子绕组则为 γ 联结。接线时一

定要按电压高低对号入座选择定子绕组的接法，千万不能接错，否则电动机不能正常运转，甚至会烧坏电动机绕组。

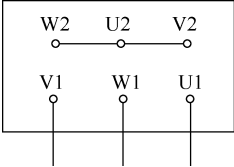
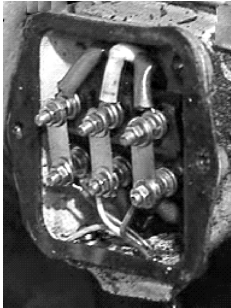
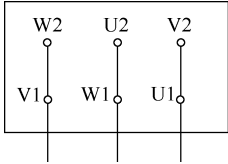
(1) 星形联结

将三相绕组的尾端 U2、V2、W2 短接在一起，首端 U1、V1、W1 分别接三相电源。

(2) 三角形联结

将第一相绕组的尾端 U1 接第二相绕组的首端 V1，第二相绕组的尾端 V2 接第三相绕组的首端 W1，第三相绕组的尾端 W2 接第一相绕组的首端 U1，然后将三个端点分别接三相电源。三相异步电动机的三相绕组接法见表 6-15。

表 6-15 异步电动机的三相绕组联结

连 接 法	接线实物图	接 线 图
星形 (Y) 联结		
三角形 (Δ) 联结		

异步电动机不管星形联结还是三角形联结，调换三相电源的任意两相，即可得到方向相反的转向。

帮助大家记忆电动机三相绕组的接线方法，下面我们用口诀来表述。

☞ 接线操作口诀 ☜

电机接线分两种，三相接线星三角，
绕线尾尾（或头头）并星形，首尾串接成三角。
接线盒内六线桩，具体接法是这样，
三桩横联是星形，上下串联为三角。
厂家预定的接法，自己不能随意改。

3. 电动机的引线与控制

(1) 控制装置的设置

每台电动机应有单独的操作开关，安装地点应便于操作，安装高度一般距地面为 1.5m。室外电动机的操作开关，应安装在电动机近旁的操作箱内。安装有多台电动机的工作场所，除每台电动机设置的操作开关外，应有总的动力控制箱。

(2) 电动机的引线

自电动机开关到电动机起动器及接线盒之间的引线，由于其间距离较短，其截面积可依据电动机的额定电流按允许载流量进行选择，见表 6-16。对于那些重载起动的电动机，应再把导线截面积提高 1~2 级，以利起动。

表 6-16 常用电动机引线最小截面积的选择

电动机额定电流/A	引线最小截面积/mm ²	
	铜芯线	铝芯线
6~10	1.5	2.5
11~20	2.5	4
21~30	4	6
31~45	6	10
46~60	10	16
61~90	16	35

电动机和附属装置的引线最好采用有护套的绝缘电线。为安全起见，距地面 2.5m 以内的引线，应采用槽板或硬塑料管保护。当电动机引线沿地面敷设时，可采用电缆、管线或电缆沟，引线不应有裸露部分。

从电动机到断路器之间导线的敷设，常采用以下两种形式：一种是地下管敷设；另一种是明管敷设。目前一般采用地下管敷设。采用地下管敷设时，应使连接电动机一段的管口离地不得小于 100mm，并应使它尽量接近电动机的接线盒。另一端尽量接近电动机的操作开关，最好用软管伸入接线盒，如图 6-30 所示。

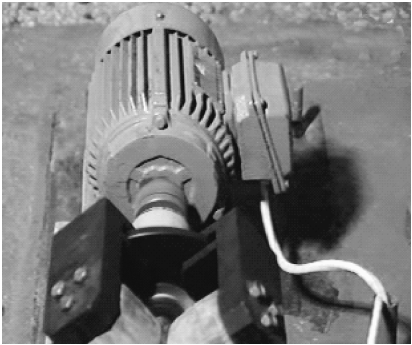


图 6-30 电动机接线盒导线的敷设

车间用的电动机，在电源处必须装设有明显断开点的开关和短路保护装置，同时应装设漏电保护器。电源、起动设备、保护装置等与电动机的连接，应采用接线盒或其他安全措施，避免因导电体的外露而威胁人身安全。

4. 电动机外壳的保护接地

在电动机外壳上有两个专门的接地螺栓，一定要把它引接到合格的接地装置上。在正常情况下，电动机外壳并不带电，人体接触到它并无触电危险。但当电动机绕组绝缘损坏或严重受潮时，外壳就会带电，有触电危险。电动机外壳接地后，电流顺着接地线流向大

地，从而保证了人身安全。

所安装电动机、金属线管等金属部位均要做接地处理。接地电阻为：电动机功率大于等于 10kW 的，接地电阻值应小于 4Ω ；小于 10kW 的，接地电阻值应小于 10Ω 。

6.3.6 电动机试车

1. 电动机试车前的检查

电动机及其传动装置、控制保护装置安装完毕后，从某种意义上说，工作才完成一半。要保证试车一次成功，必须进行详细的、全面的质量检查工作。

- 1) 检查是否与电机铭牌上所示的电压、接法等相一致。
- 2) 检查电动机转轴是否能自由旋转，检查电动机的接地装置是否可靠。
- 3) 对要求单方向运转的电动机，须检查运转方向是否与该电动机运转指示箭头方向相同。
- 4) 检查电动机的接线是否正确；检查电动机的起动、控制装置中各个电气元件是否完好，熔断器的熔体设置是否合理。

2. 电动机空载测试

电动机安装和接线完毕应进行试运行，在试车时，主要是进行一系列的测试工作。

- 1) 在电动机空载运行时，测量三相空载电流是否平衡。电动机空载电流通常不应大于其额定电流的 5% ~ 10%。空载电流正常后再行带负荷试车。
- 2) 查看旋转方向是否正确。
- 3) 观察电动机是否有杂声、振动及其他较大的噪声。如果有异常情况应立即停车，进行检查。
- 4) 使电动机空转 2h，测量以下部位的温度：轴承盖、端盖、机壳，如图 6-31 所示。各非转动部位温度一般不应超过室温，滑动轴承温升不得超过 45°C ，滚动轴承温升不得超过 60°C 。



图 6-31 检查电动机是否过热

5) 用转速表测量电动机的转速并与电动机的额定转速进行比较，如图 6-32 所示。值得说明的是，用转速表测量电动机的转速时一定要细心，且要注意安全。

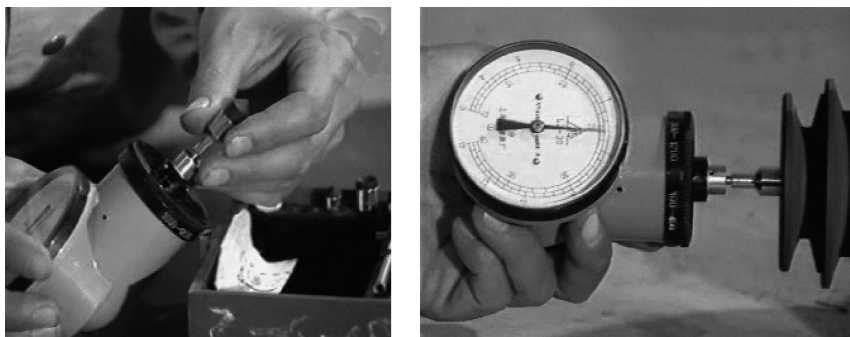


图 6-32 测量电动机转速

注意：多台电动机试车，不能同时起动，应先起动大功率电动机，后起动小功率电动机。

6.4 三相电动机的检修

三相异步电动机在长期的运行过程中，会出现各种各样的故障，这些故障综合起来可分为电气故障和机械故障两大类。电气故障主要有定子绕组、转子绕组、定转子铁心、开关及起动设备的故障等；机械故障主要有轴承、转轴、风扇、机座、端盖、负载机械设备等的故障。

及时判断电动机的故障原因并进行相应处理，是防止故障扩大、保证设备正常运行的重要工作。

6.4.1 三相异步电动机的定期检修

电动机定期维护检修可分为小修、中修和大修。检修周期要根据电动机型号、工作条件确定。其中连续运行的中、小型笼型电动机小修周期为1年，中修周期为2年，大修周期为7~10年；连续运行的中、小型绕线转子电动机小修周期为1年，中修周期为2年，大修周期为10~12年；短期反复运行、频繁起制动的电动机小修周期为半年，中修周期为2年，大修周期为3~5年。

1. 三相异步电动机的小修项目

三相异步电动机的小修检查项目见表6-17。

表 6-17 三相异步电动机定期小修检查项目

序 号	检 修 项 目
1	检查电动机接地是否完好
2	吹风清扫及一般性的检查
3	更换波形弹簧片，并进行调整
4	检查和处理局部绝缘的损伤，并进行修补工作

(续)

序 号	检 修 项 目
5	清洗轴承，进行检查和换油
6	处理绕组局部绝缘故障，进行绕组绑扎加固和包扎绝缘等工作
7	紧固所有的螺钉
8	处理松动的槽楔和齿端板
9	调整风扇、风扇罩，并加固
10	检查电动机运转时是否存在不正常的声音

2. 三相异步电动机的中修检查项目

三相异步电动机中修除包含全部小修项目之外，还应重点检查表 6-18 所列的项目。

表 6-18 电动机定期中修检查项目

序 号	检 修 项 目
1	包含全部小修项目
2	对电动机进行清扫和干燥，更换局部线圈和加强绕组绝缘
3	电动机解体检查，处理松动的线圈和槽楔以及紧固零部件
4	更换槽楔，加强绕组端部绝缘
5	处理松动的零部件，进行点焊加固
6	转子做动平衡试验
7	改进机械零部件结构并进行安装和调试
8	做检查试验和分析试验

3. 三相异步电动机的大修检查项目

三相异步电动机大修除包含全部中修项目之外，还应重点检查表 6-19 所列的项目。

表 6-19 电动机定期大修检查项目

序 号	检 修 项 目
1	包含全部中修项目
2	绕组全部重绕更新
3	更换电动机的铁心、机座、转轴等
4	对于机械零部件进行改造、更换、加强和调整等
5	转子调校动平衡
6	对电动机进行浸漆、干燥、喷漆等处理
7	做全面型试验和特殊检查试验

6.4.2 三相异步电动机常见故障的检查与分析

1. 三相异步电动机故障检查程序

三相异步电动机可能出现的故障是多种多样的，产生的原因也比较复杂，检查电动机时，一般按先外后里、先机后电、先听后检的顺序。先检查电动机的外部是否有故障，后检查电动机内部；先检查机械方面，再检查电气方面；先听使用者介绍使用情况和故障情况，再动手检查，这样才能正确迅速地找出故障原因。

电动机发生故障时，往往会发生转速变慢、有噪声、温度显著升高、冒烟、有焦糊味、机壳带电和三相电流不平衡或增大等现象。为了能迅速找出故障原因并及时修复电动机，当故障原因不明时，可先查电源有无电，再看熔丝和开关；再让电动机空载转一转，看是否故障在负载；接下来依次检查接线盒、轴承、绕组、转子，其检查程序如图 6-33 所示。

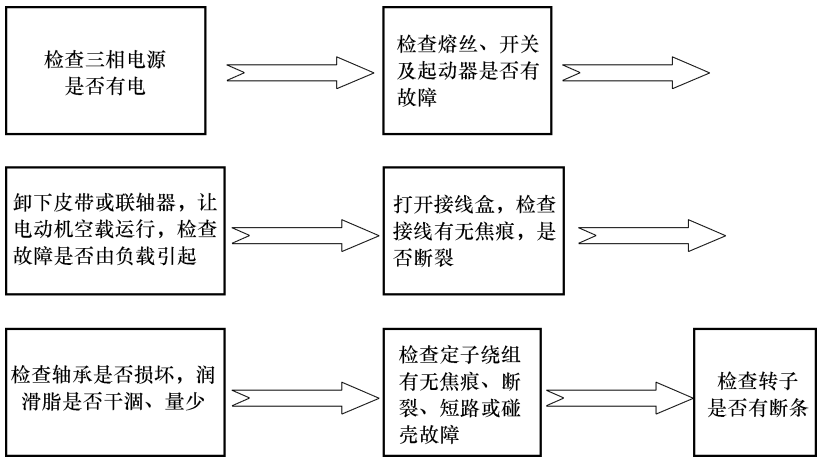


图 6-33 三相异步电动机故障检查程序

2. 三相异步电动机故障分析思路

(1) 空载运转检查

在对电动机外观、绝缘电阻、电动机外部接线等项目进行详细检查后，如未发现异常情况，可对电动机做进一步的通电试验。

1) 将三相电压 ($30\% U_N$) 通入电动机三相绕组，逐步升高电压，当发现声音不正常、有异味或无法转动时，应立即断电检查。

2) 如起动未发现问题，可测量三相电流是否平衡，电流大的一相可能是绕组短路；电流小的一相可能是多路并联绕组中出现断路。

3) 若三相电流平衡，可使电动机继续运行 $1 \sim 2h$ ，随时用手检查铁心部位及轴承端盖，如发现烫手，应立即停车检查。如线圈过热，则是绕组短路；如铁心过热，则是绕组匝数不够，或铁心硅钢片间的绝缘损坏。

(2) 电动机内部检查

通过上述检查，确认电动机内部存在问题，就应拆开电动机做进一步检查。

1) 检查绕组部分。查看绕组端部有无积尘和油垢，查看绕组绝缘、接线及引出线有无损伤或烧伤。若有烧伤，则烧伤处的颜色会变成暗黑色或烧焦，有焦臭味。

若烧坏一个线圈中的几匝线匝，可能是匝间短路造成的，如图 6-34 所示；若烧坏几个线圈，可能是相间或连接线（过桥线）的绝缘损坏所引起的；若烧坏一相，可能是三角形联结中有一相电源断路所引起的；若烧坏两相，这是由一相绕组断路而产生的；若三相全部烧坏，很可能由于长期过载，或起动时卡住引起的，也可能是绕组接线错误引起的，可查看导线是否烧断和绕组的焊接处有无脱焊、虚焊现象。

2) 检查铁心部分。查看转子、定子表面有无擦伤的痕迹。

若转子表面只有一处擦伤，而定子表面全是擦伤，则是由于转子弯曲或转子不平衡造成的；若转子表面全都有擦伤的痕迹，定子表面只有一处伤痕，这是由于定子、转子不同心造成的。

造成定子、转子不同心的原因是机座或端盖止口变形或轴承严重磨损使转子下落；若定子、转子表面均有局部擦伤痕迹，是由上述两种原因共同引起的。

3) 检查轴承部分。查看轴承的内、外套与轴颈和轴承室配合是否合适，同时也要检查轴承的磨损情况，如图 6-35 所示。

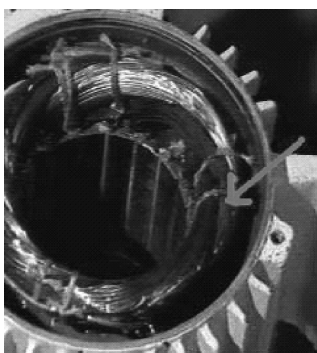


图 6-34 几匝线圈局部短路



图 6-35 检查轴承的磨损情况

4) 检查其他部分。查看扇叶是否损坏或变形，转子端环有无裂痕或断裂，再用短路测试器检查导条有无断裂。

6.4.3 三相异步电动机常见故障检修

三相异步电动机的常见故障现象、故障的可能原因以及相应的处理方法见表 6-20，可供读者分析处理故障时参考。

表 6-20 三相异步电动机的常见故障及处理

故障现象	故障原因	处理方法
通电后电动机不能起动,但无异常,也无异味和冒烟	(1) 电源未通(至少两相未通) (2) 熔丝熔断(至少两相熔断) (3) 过电流继电器调得过小 (4) 控制设备接线错误	(1) 检查电源开关、接线盒处是否有断线,并予以修复 (2) 检查熔丝规格、熔断原因,换新熔丝 (3) 调节继电器整定值与电动机配合 (4) 改正接线
通电后电动机转不动,然后熔丝熔断	(1) 断一相电源 (2) 定子绕组相间短路 (3) 定子绕组接地 (4) 定子绕组接线错误 (5) 熔丝截面过小	(1) 找出电源回路断线处并接好 (2) 查出短路点,予以修复 (3) 查出接地点,予以消除 (4) 查出错接处,并改接正确 (5) 更换熔丝
通电后电动机转不起动,但有“嗡嗡”声	(1) 定、转子绕组或电源有一相断路 (2) 绕组引出线或绕组内部接错 (3) 电源回路接点松动,接触电阻大 (4) 电动机负载过大或转子发卡 (5) 电源电压过低 (6) 轴承卡住	(1) 查明断路点,予以修复 (2) 判断绕组首尾端是否正确,将错接处改正 (3) 紧固松动的接线螺钉,用万用表判断各接点是否假接,予以修复 (4) 减载或查出并消除机械故障 (5) 检查三相绕组接线是否把 Δ 联结误接为 Y 联结,若误接应更正 (6) 更换合格油脂或修复轴承
电动机起动困难,带额定负载时的转速低于额定值较多	(1) 电源电压过低 (2) Δ 联结误接为 Y 联结 (3) 笼型转子开焊或断裂 (4) 定子绕组局部线圈错接 (5) 电动机过载	(1) 测量电源电压,设法改善 (2) 纠正接法 (3) 检查开焊和断点并修复 (4) 查出错接处,予以改正 (5) 减小负载
电动机空载电流不平衡,三相相差较大	(1) 定子绕组匝间短路 (2) 重绕时,三相绕组匝数不相等 (3) 电源电压不平衡 (4) 定子绕组部分线圈接线错误	(1) 检修定子绕组,消除短路故障 (2) 严重时重新绕制定子线圈 (3) 测量电源电压,设法消除不平衡 (4) 查出错接处,予以改正
电动机空载或负载时电流表指针不稳,摆动	(1) 笼型转子导条开焊或断条 (2) 绕线型转子一相断路,或电刷、集电环短路装置接触不良	(1) 查出断条或开焊处,予以修复 (2) 检查绕线型转子回路并加以修复

(续)

故障现象	故障原因	处理方法
电动机过热甚至冒烟	(1) 电动机过载或频繁起动 (2) 电源电压过高或过低 (3) 电动机缺相运行 (4) 定子绕组匝间或相间短路 (5) 定、转子铁心相擦(扫膛) (6) 笼型转子断条,或绕线转子绕组的焊点开焊 (7) 电动机通风不良 (8) 定子铁心硅钢片之间绝缘不良或有毛刺	(1) 减小负载,按规定次数控制起动 (2) 调整电源电压 (3) 查出断路处,予以修复 (4) 检修或更换定子绕组 (5) 查明原因,消除摩擦 (6) 查明原因,重新焊好转子绕组 (7) 检查风扇,疏通风道 (8) 检修定子铁心,处理铁心绝缘
电动机运行时响声不正常,有异响	(1) 定子、转子铁心松动 (2) 定子、转子铁心相擦(扫膛) (3) 轴承缺油 (4) 轴承磨损或油内有异物 (5) 风扇与风罩相擦	(1) 检修定子、转子铁心,重新压紧 (2) 消除摩擦,必要时车小转子 (3) 加润滑油 (4) 更换或清洗轴承 (5) 重新安装风扇或风罩
电动机在运行中振动较大	(1) 电动机地脚螺栓松动 (2) 电动机地基不平或不牢固 (3) 转子弯曲或不平衡 (4) 联轴器中心未校正 (5) 风扇不平衡 (6) 轴承磨损间隙过大 (7) 转轴上所带负载机械的转动部分不平衡 (8) 定子绕组局部短路或接地 (9) 绕线转子局部短路	(1) 拧紧地脚螺栓 (2) 重新加固地基并平整 (3) 校直转轴并做转子动平衡 (4) 重新校正,使之符合规定 (5) 检修风扇,校正平衡 (6) 检修轴承,必要时更换 (7) 做静平衡或动平衡试验,调整平衡 (8) 寻找短路或接地点,进行局部修理或更换绕组 (9) 修复转子绕组
轴承过热	(1) 滚动轴承中润滑脂过多 (2) 润滑脂变质或含杂质 (3) 轴承与轴颈或端盖配合不当(过紧或过松) (4) 轴承盖内孔偏心,与轴相擦 (5) 皮带张力太紧或联轴器装配不正 (6) 轴承间隙过大或过小 (7) 转轴弯曲 (8) 电动机搁置太久	(1) 按规定加润滑脂 (2) 清洗轴承后换洁净润滑脂 (3) 过紧应车、磨轴颈或端盖内孔,过松可用粘结剂修复 (4) 修理轴承盖,消除摩擦 (5) 适当调整皮带张力,校正联轴器 (6) 调整间隙或更换新轴承 (7) 校正转轴或更换转子 (8) 空载运转,过热时停车,冷却后再走,反复走几次,若仍不行,拆开检修

(续)

故障现象	故障原因	处理方法
空载电流偏大 (正常空载电流为额定电流的 20% ~ 50%)	(1) 电源电压过高 (2) 将Y联结错接成Δ联结 (3) 修理时绕组内部接线有误, 如将串联绕组并联 (4) 装配质量问题, 轴承缺油或损坏, 使电动机机械损耗增加 (5) 检修后定子、转子铁心不齐 (6) 修理时定子绕组线径取得偏小 (7) 修理时匝数不足或内部极性接错 (8) 绕组内部有短路、断线或接地故障 (9) 修理时铁心与电动机不相配	(1) 若电源电压值超出电网额定值的 5%, 可向供电部门反映, 调节变压器上的分接开关 (2) 改正接线 (3) 纠正内部绕组接线 (4) 拆开检查, 重新装配, 加润滑油或更换轴承 (5) 打开端盖检查, 并予以调整 (6) 选用规定的线径重绕 (7) 按规定匝数重绕绕组, 或核对绕组极性 (8) 查出故障点, 处理故障处的绝缘。若无法恢复, 则应更换绕组 (9) 更换成原来的铁心
空载电流偏小 (小于额定电流的 20%)	(1) 将Δ联结错接成Y联结 (2) 修理时定子绕组线径取得偏小 (3) 修理时绕组内部接线有误, 如将并联绕组串联	(1) 改正接线 (2) 选用规定的线径重绕 (3) 纠正内部绕组接线
Y-Δ开关起动, Y位置时正常, Δ位置时电动机停转或三相电流不平衡	(1) 开关接错, 处于Δ位置时的三相不通 (2) 处于Δ位置时开关接触不良, 成V形连接	(1) 改正接线 (2) 将接触不良的接头修好
电动机外壳带电	(1) 接地电阻不合格或保护接地线断路 (2) 绕组绝缘损坏 (3) 接线盒绝缘损坏或灰尘太多 (4) 绕组受潮	(1) 测量接地电阻, 接地线必须良好, 接地应可靠 (2) 修补绝缘, 再经浸漆烘干 (3) 更换或清扫接线盒 (4) 干燥处理
绝缘电阻只有数十千欧到数百欧, 但绕组良好	(1) 电动机受潮 (2) 绕组等处有电刷粉末 (绕线转子电动机)、灰尘及油污进入 (3) 绕组本身绝缘不良	(1) 干燥处理 (2) 加强维护, 及时除去积存的粉尘及油污, 对较脏的电动机可用汽油冲洗, 待汽油挥发后, 进行浸漆及干燥处理, 使其恢复良好的绝缘状态 (3) 拆开检修, 加强绝缘, 并作浸漆及干燥处理, 无法修理时, 重绕绕组

(续)

故障现象	故障原因	处理方法																				
电刷火花太大	(1) 电刷牌号或尺寸不符合规定要求 (2) 集电环或换向器有污垢 (3) 电刷压力不当 (4) 电刷在刷握内有卡涩现象 (5) 集电环或换向器呈椭圆形或有沟槽	(1) 更换合适的电刷 (2) 清洗集电环或换向器 (3) 调整各组电刷压力 (4) 打磨电刷, 使其在刷握内能自由上下移动 (5) 上车床车光、车圆																				
电动机轴向窜动	使用滚动轴承的电动机为装配不良	拆下检修, 电动机轴向允许窜动量如下: <table><tr><th rowspan="2">容量/kW</th><th colspan="2">轴向允许窜动量/mm</th></tr><tr><th>向一侧</th><th>向两侧</th></tr><tr><td>10 及以下</td><td>0.50</td><td>1.00</td></tr><tr><td>10 ~ 22</td><td>0.75</td><td>1.50</td></tr><tr><td>30 ~ 70</td><td>1.00</td><td>2.00</td></tr><tr><td>75 ~ 125</td><td>1.50</td><td>3.00</td></tr><tr><td>125 以上</td><td>2.00</td><td>4.00</td></tr></table>	容量/kW	轴向允许窜动量/mm		向一侧	向两侧	10 及以下	0.50	1.00	10 ~ 22	0.75	1.50	30 ~ 70	1.00	2.00	75 ~ 125	1.50	3.00	125 以上	2.00	4.00
容量/kW	轴向允许窜动量/mm																					
	向一侧	向两侧																				
10 及以下	0.50	1.00																				
10 ~ 22	0.75	1.50																				
30 ~ 70	1.00	2.00																				
75 ~ 125	1.50	3.00																				
125 以上	2.00	4.00																				

电力拖动控制技术

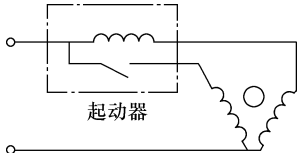
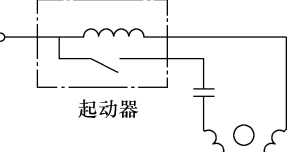
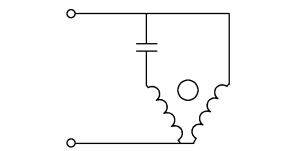
7.1 单相电动机控制技术

7.1.1 单相电动机起动控制

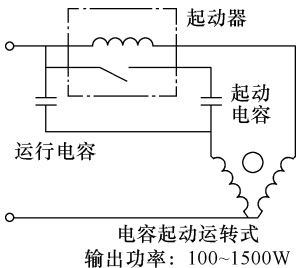
1. 单相电动机的起动方式

单相电动机的起动方式有4种，见表7-1。

表 7-1 单相电动机的起动方式

起 动 方 式	起 动 过 程	特 点 及 应 用	图 示
阻抗分相起动式	刚开始通电时。利用起动器（电流电压继电器、PTC、离心开关等）使起动绕组和运行绕组同时受电。待起动完成之后，断开起动绕组，只靠运行绕组来继续运行	该方式结构简单，起动转矩小、起动电流大。用于电冰箱、小型陈列柜、电风扇、空调风扇电动机、洗衣机等电动机	 阻抗分相起动 输出功率: 40~150W
电容起动式	在起动绕组中串接一电容，也是利用起动器将起动绕组接入起动，待起动完成后，切断起动绕组，正常运行由运行绕组承担	这种起动方式有较大的转矩。起动电流小，常用在电冰箱、冷饮机等设备上	 电容起动式 输出功率: 40~300W
电容运转式	在起动绕组上串联起动电容，以提高起动转矩。所不同的是，在正常起动后，起动绕组并不断开，而是和运行绕组一起共同参与电动机的正常运行	这种方式的起动转矩小，效率高。常用于小型空调器中	 电容运转式 输出功率: 400~1100W

(续)

起 动 方 式	起 动 过 程	特 点 及 应 用	图 示
电容启动 运转式	在起动绕组中并联有两只电容。其中容量较大的一只电容串接在起动开关上。该电容只是在刚起动时参与运行，待起动正常后随起动开关的断开而退出运行；而容量较小的电容却一直参与电动机的运行	这种起动方式由于刚通电时，两只电容并联，有足够大的电容量参与起动。所以起动转矩大，起动电流小，适用于大型空调器以及制冰机等设备	



指点迷津

电容是采用电容分相的单相异步电动机必不可少的元件。电容选择是否恰当，对单相异步电动机的起动或运行有很大的影响。

单相电容起动异步电动机起动电容的选配见表 7-2，单相电容运转异步电动机运转电容的选配见表 7-3，单相双值电容异步电动机电容的选配见表 7-4。

表 7-2 单相电容起动异步电动机起动电容的选配

电动机额定功率/W	120	180	250	370	550	750	1100	1500	2200
电容量/ μF	75	75	100	100	150	200	300	400	500

表 7-3 单相电容运转异步电动机运转电容的选配

电动机额定功率/W	15		25		40		60		90		120		150	
极数	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
电容量/ μF	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

表 7-4 单相双值电容异步电动机电容的选配

电动机额定功率/W	250	370	550	750	1100	1500	2200	3000
起动电容器/ μF	75	100	100	150	150	250	350	500
运转电容器/ μF	12	16	16	20	30	35	50	70

2. 运行绕组和起动绕组的辨别

表 7-1 中的 4 种运行方式，实际上都是通过起动绕组产生旋转磁场，使电动机顺利起动。不论何种起动方式，单相电动机只有两个绕组，即运行绕组和起动绕组。

如果电动机接线柱上没有明确的标识，可用万用表测量它们之间的阻值。三个端子两两相测。其中阻值最大的端子，是起动绕组和运行绕组的串联值，另外的一个端子即为公

共端，然后再测公共端和其余两个端子之间的电阻值，较小的一端为运行端，另一端即为起动端。

由此可总结出方便记忆的方法：运行与起动端阻值最大；起动与公共端阻值中等；运行与公共端阻值最小。

有些早期进口的压缩机中，也有起动绕组的阻值反而小于运行绕组的。在实际工作中应予以注意。

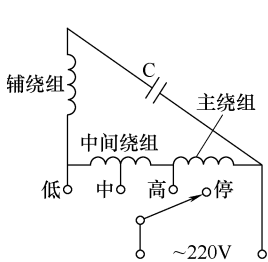
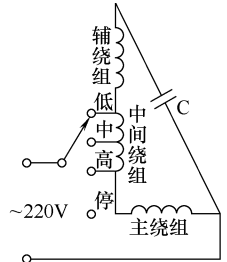
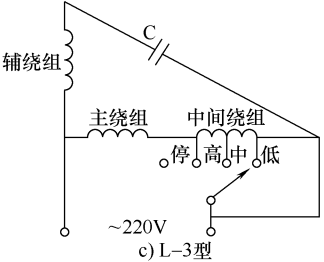
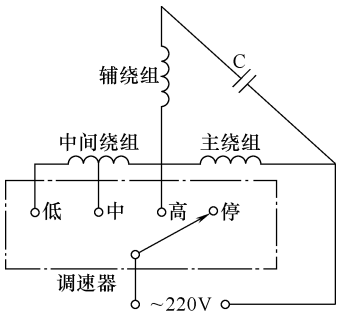
7.1.2 单相异步电动机调速控制

通过改变电源电压或电动机结构参数的方法，从而改变电动机转速的过程，称为调速。单相异步电动机常用的调速方法有4种，见表7-5。

表 7-5 单相异步电动机常用的调速方法

调速方法	说 明	图 示
PTC 调速	利用常温下 PTC 电阻很小，电动机在直接起动后，PTC 阻值增大，使电动机进入低速运行	
串联电抗调速	将电动机主、副绕组并联后再串入具有抽头的电抗器，当调速开关处于不同位置时，电抗器的电压降不同，使电动机端电压改变而实现有级调速。调速开关接高速挡，电动机绕组直接接电源，转速最高；调速开关接中、低速挡，电动机绕组串联不同的电抗器，总电抗增大，转速降低 用这种方法调速比较灵活，电路结构简单，维修方便；但需要专用电抗器，成本高，耗能大，低速起动性能差	
晶闸管调速	晶闸管调速是通过改变晶闸管的导通角来改变电动机的电压波形，从而改变电压的有效值以达到调速的目的	

(续)

调速方法	说 明	图 示
绕组抽头调速	绕组抽头法调速，实际上是把电抗器调速法的电抗嵌入定子槽中，通过改变中间绕组与主、副绕组的连接方式，来调整磁场的大小和椭圆度，从而调节电动机的转速。采用这种方法调速，节省了电抗器，成本低、功耗小、性能好，但工艺较复杂。实际应用中有 L 型和 T 型绕组抽头调速两种方法	 a) L-1 型  b) L-2 型  c) L-3 型
		

单相异步电动机的调速方法很多，上面介绍的是几种比较常见的方法。此外，自耦变压器调压调速、串联电容器调速和变极调速等方法在某些场合也常常会用到。

7.1.3 单相异步电动机反转控制

1. 分相式单相异步电动机反转控制

分相式单相异步电动机，若要改变电动机的转向，可以将工作绕组或起动绕组中的任意一个绕组与电源连接的两出线对调，即可将气隙旋转磁场的旋转方向改变，随之转子的转向也改变。

2. 单相罩极式异步电动机反转控制

单相罩极式异步电动机的旋转方向是由内部结构决定的，仅仅改变工作绕组的外部接线不能改变其转向。因为这类电动机的定子用硅钢片叠压成具有突出形状的“凸极”，主绕组就绕在凸极上。每一极的一侧开有小槽，嵌放副绕组（即短路铜环），通常称“罩极

圈”，如图 7-1 所示。这类电动机依靠其结构上的这种特点形成“旋转磁场”，使转子起动。

如果要改变电动机的转向，则需拆下定子上的凸极铁心，调转方向再装进去，也就是把罩极圈由一侧换到另一侧，电动机的转向就会与原转向相反。

3. 电容运转式单相异步电动机反转控制

有的电容运转式单相异步电动机反转控制，可以通过改变电容的接法来改变电动机的旋转方向。例如，波轮式洗衣机的洗涤电动机的正、反转是通过定时器的刀开关来切换主、副绕组与电容的连接来实现的，如图 7-2 所示。

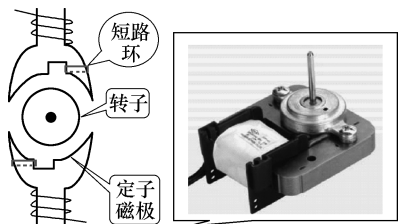


图 7-1 单相罩极式异步电动机的结构

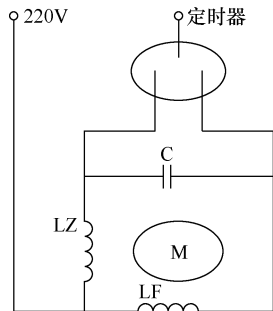


图 7-2 电容运转式单相异步电动机反转控制

7.2 三相异步电动机控制技术

7.2.1 三相异步电动机的控制环节

1. 三相异步电动机控制的基本环节

在异步电动机控制电路中，能实现某项功能的若干电器元件的组合，称为一个控制环节，整个控制电路就是由这些控制环节有机地组合而成的。控制电路一般包括电源、起动、保护、运行、停止、制动、联锁、手动工作、点动和信号等基本环节，见表 7-6。

表 7-6 三相异步电动机控制的基本环节

基本环节	说 明
电源环节	包括主电路供电电源和辅助电路工作电源，由电源开关、电源变压器、整流装置、稳压装置、控制变压器、照明变压器等组成
起动环节	包括直接起动和减压起动，由接触器和各种开关组成
保护环节	由对设备和电路进行保护的装置组成。如短路保护由熔断器完成，过载保护由热继电器完成，失电压、欠电压保护由失电压线圈（接触器）完成。有时还使用各种保护继电器来完成各种专门的保护功能
运行环节	运行环节是电路的最基本环节，其作用是使电路在需要的状态下运行，包括电动机的正反转、调速等

(续)

基本环节	说明
停止环节	由控制按钮、开关等组成。其作用是切断控制电路供电电源，使设备由运转变为停止
制动环节	一般由制动电磁铁、能耗电阻等组成。其作用是使电动机在切断电源后迅速停止运转
联锁环节	实际上也是一种保护环节。由工艺过程所决定的设备工作程序不能同时或颠倒执行，通过联锁环节限制设备运行的先后顺序。联锁环节一般通过对继电器触头和辅助开关的逻辑组合来完成
手动工作环节	电气控制电路一般都能实现自动控制，但为了提高电路工作的应用范围，适应设备安装完毕及事故处理后试车的需要，在控制电路中往往还设有手动工作环节。手动工作环节一般由转换开关和组合开关等组成
点动环节	是控制电动机瞬时起动或停止的环节，通过控制按钮完成
信号环节	是显示设备和电路工作状态是否正常的环节，一般由蜂鸣器、信号灯、音响设备等组成

上述控制环节并不是每一种控制电路中全都具备，复杂控制电路中的基本环节多一些。这 10 个环节中最基本的是电源环节、保护环节、起动环节、运行环节、联锁环节和停止环节。

2. 自锁、互锁和联锁的区别

“自锁控制”是“自己保持的控制”；“互锁控制”则是“相互制约的控制”，即“不能同时呈现为工作状态的控制”；“联锁控制”则可以理解为“联合动作”，其实质是“按一定顺序动作的控制”。

自锁、互锁和联锁被称为电动机电气控制的“三把锁”，初学者要注意理解这里所谓“锁”的含义，应该加于区别。

3. 三相异步电动机常用的保护环节

为了确保电动机长期、安全、可靠无故障地运行，电气控制系统都必须有保护环节，用以保护电动机、电网、电气控制设备及人身的安全。

(1) 电动机短路保护

电动机绕组或导线的绝缘损坏，或者电路发生故障时，可能造成短路事故。短路时，若不迅速切断电源，会产生很大的短路电流和电动力，使电气设备损坏。

用于电动机短路保护的常用器件是熔断器和断路器（或刀开关），如图 7-3 所示。

在短路时，熔断器由于熔体熔断而切断电路起保护作用；断路器在电路出现短路故障时自动跳闸，起保护作用。

(2) 电动机过电流保护

对于负载几乎恒定不变的电动机，过电流保护是没有必要的。但有的电动机负载经常变化，经常发生过载、堵转以至烧毁电动机绕组。对于这样运行的电动机必须加装过电流保护装置。三相异步电动机虽有较强的过载能力，但对电动机过载实行反时限特性保护是必要的，也是公众认可的。

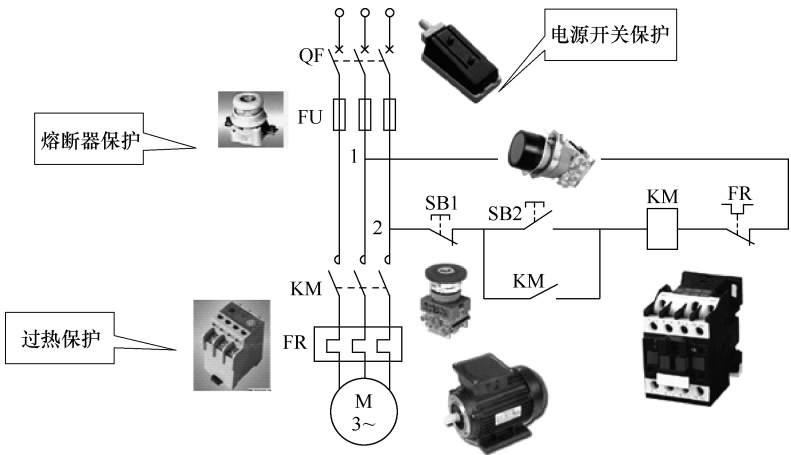


图 7-3 电动机保护措施举例

过大的负载转矩或不正确的起动方法会引起电动机的过电流故障。尤其是在频繁正反转起动、制动的重复短时工作中过电流比发生短路的可能性更大。

常用的保护元件有过电流继电器和接触器。

图 7-4 所示为电动机过电流保护电路。图中，TA 为电流互感器，KA 为电流继电器，KT 为时间继电器，KM 为交流接触器，SB1 为停止按钮，SB2 为起动按钮。

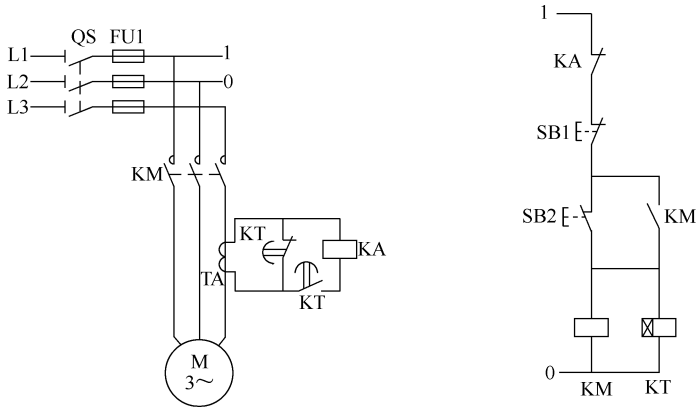


图 7-4 电动机过电流保护电路

在电动机起动时，由于起动电流较大，这时时间继电器的动断触点先短接电流互感器 TA，以避免电动机起动电流流过 KA 而产生误动作。电动机起动完毕后，电流下降至正常值，时间继电器 KT 经延时后动作，其动断触头断开，动合触头闭合，把电流互感器 KA 接入电流互感器电路中，以便电动机运行感应电流。

一旦三相电动机运行电流超过正常工作电流，过电流继电器 KA 达到吸合电流而吸合，其动断触点断开，KM 失电释放，使主回路断电，从而保护电动机过流时断开电源。

利用互感器及过电流继电器，实现电动机的过电流保护，克服了热继电器过电流保护的缺陷。

(3) 电动机断相保护

当运行中的三相电动机断一相电源后，变成两相运行，如果运行时间过长则有可能烧毁电动机。为了防止断相运行烧毁电动机，可以采用多种保护方案。图 7-5 所示为一种三相电动机断相保护电路，当电动机运行时发生断相后三相电压不平衡，桥式整流则有电压输出，当输出的直流电压达到中间继电器 KA 动作值时，KA 动作，于是与自锁触头串联的动断触头断开，使 KM 线圈断电其主触头全部释放，电动机停止，起到了保护电动机绕组的作用。

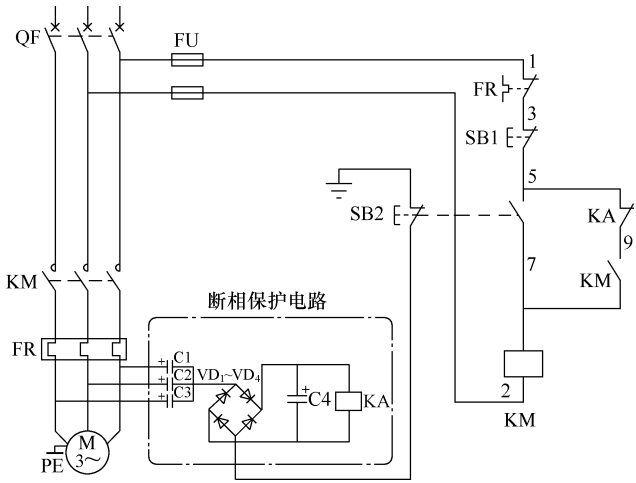


图 7-5 电动机断相保护电路

图中，电容 C1 ~ C3 为 $2.4\mu\text{F}/500\text{V}$ ；电容为 C4 为 $100\mu\text{F}/50\text{V}$ ；二极管 $\text{VD}_1 \sim \text{VD}_4$ 为 2CP12；KA 为直流 12V 继电器。



指点迷津

由于电动机断相故障时电流很大，因此要求电流继电器 KA 的主触点应能满足电动机的最大电流量。

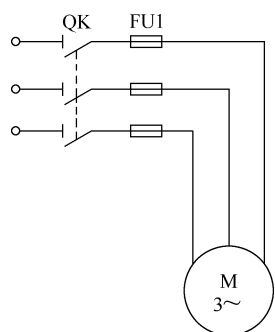
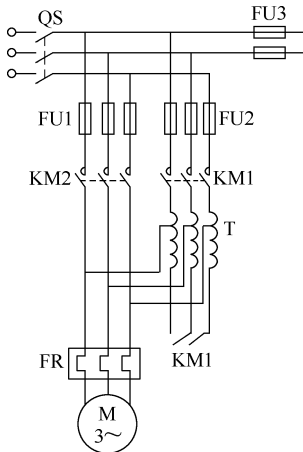
7.2.2 三相异步电动机的起动和制动

1. 三相异步电动机的起动方式

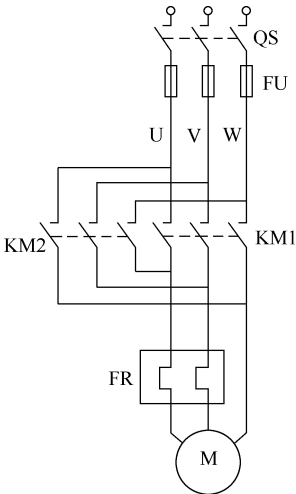
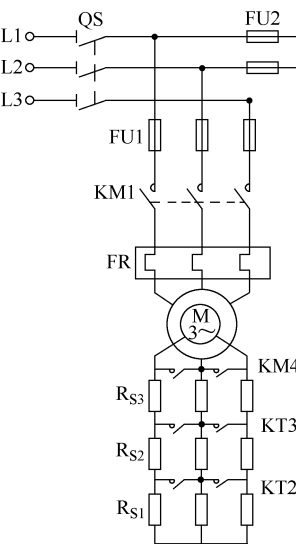
异步电动机从接通电源开始转动，转速逐渐上升直到稳定运转状态，这一过程称为起动。电动机能够起动的条件是起动转矩必须大于负载转矩。

三相异步电动机的起动方式主要有直接起动、用自耦变压器减压起动、星-三角（Y-Δ）减压起动、转子串电阻起动、软起动器和变频器起动，见表 7-7。

表 7-7 三相异步电动机几种起动方式比较

起 动 方 式	说 明	应用电路举例
全压直接起动	在电网容量和负载两方面都允许全压直接起动的情况下，可以考虑采用全压直接起动。优点是操纵控制方便，维护简单，而且比较经济。 直接起动可以用胶木开关、封闭式开关熔断器组、断路器（空气开关）等实现电动机的近距离操作、点动控制、速度控制、正反转控制等，也可以用限位开关、交流接触器、时间继电器等实现电动机的远距离操作、点动控制、速度控制、正反转控制、自动控制等 这种方法主要用于小功率电动机的起动、从节约电能的角度考虑，大于 11kW 的电动机不宜用此方法	
自耦变压器减压起动	利用自耦变压器的多抽头减压，既能适应不同负载起动的需要，又能得到更大的起动转矩，是一种经常被用来起动较大容量电动机的减压起动方式 自耦变压器减压起动可以直接人工操作控制，也可以用交流接触器自动控制，经久耐用，维护成本低，适合所有的空载、轻载起动异步电动机使用，在生产实践中得到了广泛的应用。其缺点是人工操作要配置比较贵的自耦变压器箱（自耦补偿器箱），自动控制要配置自耦变压器、交流接触器等起动设备和元件 这种方法的优点是起动电流小，起动转矩较大，当其绕组抽头在 80% 处时，起动转矩可达直接起动时的 64%，并且可以通过抽头调节起动转矩。至今仍被广泛应用	

(续)

起 动 方式	说 明	应用电路举例
星-三角 启动	定子绕组为Δ联结的电动机，启动时接成Y，速度接近额定转速时转为Δ运行。采用这种方式启动时，每相定子绕组降低到电源电压的58%，启动电流为直接启动时的33%，启动转矩为直接启动时的33%。启动电流小，启动转矩小 Y-Δ减压启动的优点是不需要添置启动设备，有启动开关或交流接触器等控制设备就可以实现，缺点是只能用于Δ联结的电动机，大型异步电动机不能重载启动 这种方法启动电流小，但二次冲击电流大，其启动转矩较小，允许启动次数较高，设备价格较低，适用于定子绕组为三角形联结的6个引出端子的中、小型电动机，如Y2和Y系列电动机	 The diagram shows a three-phase power supply (U, V, W) passing through a main switch (QS) and fuses (FU). The motor (M) is connected via a contactor (KM1) and a thermal relay (FR). A second contactor (KM2) is used to switch the motor windings from a star (Y) connection to a delta (Δ) connection during the starting process.
转子串电 阻启动	绕线转子三相异步电动机的转子绕组通过集电环与电阻连接。外部串接电阻相当于转子绕组的内阻增加了，减小了转子绕组的感应电流。从某个角度讲，电动机又像是个变压器，二次电流小，相当于变压器一次绕组的电动机励磁绕组电流就相应减小。根据电动机的特性，转子串接电阻会降低电动机的转速，提高转动力矩，有更好的启动性能 在这种启动方式中，由于电阻是常数，将启动电阻分为几级，在启动过程中逐级切除，可以获得较平滑的启动过程 转子串电阻或频敏变阻器虽然启动性能好，可以重载启动，由于只适合于价格昂贵、结构复杂的绕线式三相异步电动机，所以只是在启动控制、速度控制要求高的各种升降机、输送机、行车等行业使用 启动电流较大，启动转矩小，允许启动次数由电阻容量决定，多用于降低启动转矩的冲击	 The diagram shows a three-phase power supply (L1, L2, L3) passing through a main switch (QS) and fuses (FU1, FU2). The motor (M) is connected via a contactor (KM1) and a thermal relay (FR). The rotor circuit is connected through a series of resistors (RS1, RS2, RS3) and contactors (KM4, KM3, KM2) to provide a smooth starting process by gradually cutting out the resistance.

(续)

起 动 方式	说 明	应用电路举例
软起 动器	软起动器是一种集电动机软起动、软停车、轻载节能和多种保护功能于一体的新颖电动机控制装置，它的主要构成是串接于电源与被控电动机之间的三相反并联晶闸管交流调压器。运用不同的方法，改变晶闸管的触发角，就可调节晶闸管调压电路的输出电压。在整个起动过程中，软起动器的输出是一个平滑的升压过程，直到晶闸管全导通，电动机在额定电压下工作 软起动器的优点是降低电压起动，起动电流小，适合所有的空载、轻载异步电动机使用。缺点是起动转矩小，不适用于重载起动的大型电动机 通常为斜坡电压起动，也可突跳起动，起动电流、转矩、上升和下降时间可调，有多种控制方式，可带多种保护，允许起动次数较高，设备价格最高	
变频器	通常，把电压和频率固定不变的交流电变换为电压或频率可变的交流电的装置称作“变频器”。该设备首先要把三相或单相交流电变换为直流电（DC）。然后再把直流电（DC）变换为三相或单相交流电（AC）。变频器同时改变输出频率与电压，使电动机运行曲线平行下移。因此变频器可以使电动机以较小的起动电流，获得较大的起动转矩，即变频器可以起动重载负荷 变频器具有调压、调频、稳压、调速等基本功能，应用了现代的科学技术，价格昂贵但性能良好，内部结构复杂但使用简单，所以不只是用于起动电动机，而是广泛地应用到各个领域	



指点迷津

在以上几种起动控制方式中,星-三角起动、自耦减压起动因其成本低,维护相对软起动和变频控制容易,目前在实际运用中还占有很大的比重。但因其采用分立电气元件组装,控制线路接点较多,在其运行中,故障率相对还是比较高。从事过电气维护的技术人员都知道,很多故障都是电气元件的触头和连线接点接触不良引起的,在工况环境恶劣(如粉尘,潮湿)的地方,这类故障更多,检查起来确颇费时间。另外有时根据生产需要,要更改电动机的运行方式,如原来电动机是连续运行的,需要改成定时运行,这时就需要增加元件,更改线路才能实现。有时因为负载或电动机变动,要更改电动机的起动方式,如原来是自耦起动,要改为星-三角起动,也要更改控制线路才能实现。

2. 三相异步电动机的制动方式

在技术上,让电动机断开电源后迅速停止的方法,叫做制动。使电动机制动的方法有多种,应用广泛的有机械制动和电力制动两大类。

(1) 机械制动

所谓机械制动是指利用机械装置使电动机切断电源后立即停转。目前广泛使用的机械制动装置是电磁抱闸,其主要工作部分是电磁铁和闸瓦制动器。电磁铁由电磁线圈、静铁心和衔铁组成,如图 7-6 所示;闸瓦制动器由闸瓦、闸轮、弹簧和杠杆等组成,如图 7-7 所示。其中,闸轮与电动机转轴相连,闸瓦对闸轮制动力矩的大小可通过调整弹簧作用力来改变。

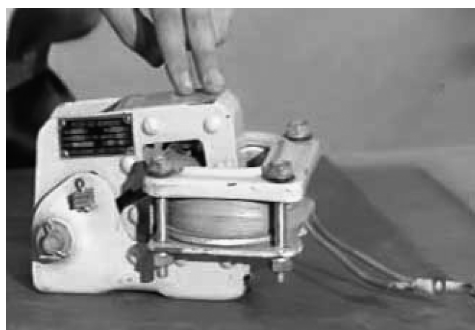


图 7-6 电磁铁

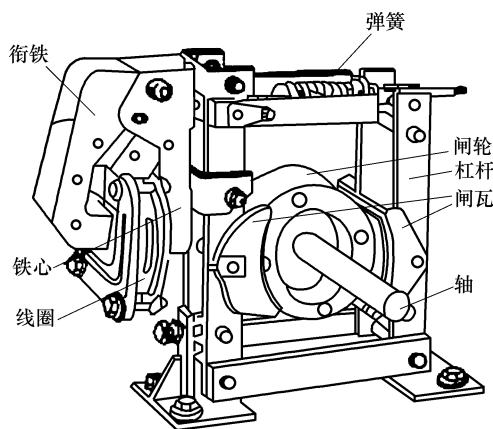


图 7-7 闸瓦制动器

如图 7-8 所示为电磁抱闸制动控制电路,这种制动是在电源切断时才起制动作用,机械设备不工作时,制动闸处于“抱住”状态,广泛应用在电梯、起重机、卷扬机等一类升降机械上。

按下 SB2, KM1 得电,主触头闭合,电磁抱闸的闸轮松开。同时,运行接触器 KM2

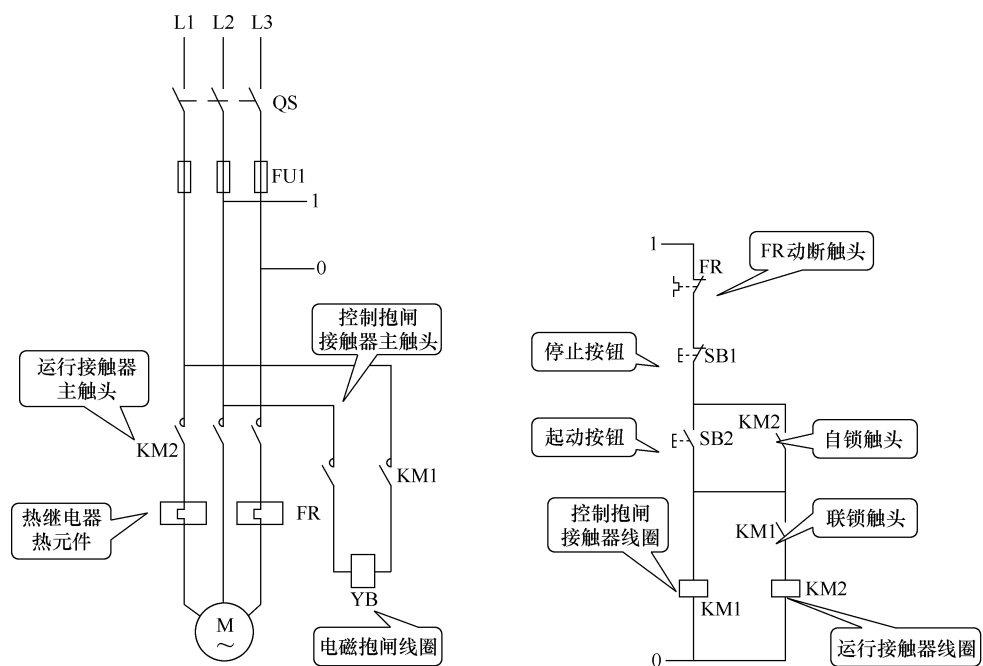


图 7-8 电磁抱闸制动电路

也得电，KM2 的自锁触头和主触头均闭合，电动机起动运行。

当制动时，按下电动机停止按钮 SB1，接触器 KM2 失电释放，主触头断开，自锁触头解除自锁，电动机断电。同时 KM1 失电释放，主触头断开，联锁触头解除联锁，从而 YB 得电动作，使抱闸与闸轮抱紧，电动机停止运行。

松开 SB1，电磁铁线圈 YB 失电释放，抱闸放松，为下一次运行做好准备。

(2) 电力制动

电动机需要制动时，通过电路的转换或改变供电条件，使其产生与实际运转方向相反的电磁转矩（即制动转矩），迫使电动机迅速停止转动的制动方式叫电力制动。电力制动有反接制动和能耗制动等方式，见表 7-8。

表 7-8 三相异步电动机电力制动

制 动 方 式	说 明
反接制动	反接制动就是利用改变电动机定子绕组中三相电源相序，使定子绕组中的旋转磁场反向，产生与原有转向相反的电磁转矩，使电动机迅速停转
能耗制动	能耗制动是在切断电动机三相电源的同时，从任何两相定子绕组中输入直流电流，以获得大小方向不变的恒定磁场，从而产生一个与电动机原转矩方向相反的电磁转矩，以实现制动。因为这种方式是用直流磁场来消耗转子动能实现制动，所以又叫动能制动或直流制动

3. 反接制动控制电路

直接反接制动时，转子与旋转磁场的相对转速接近同步转速的两倍，所以定子绕组中流过的反接制动电流也相当于全压起动时电流的两倍，因此直接反接制动特点仅适用于小

容量电动机。为了限制电流和减小机械冲击，通常在反接制动时，采用在定子电路中串接适当电阻的方法，如图 7-9 中的 R，电动机在制动力矩作用下转速下降到接近零时，应及时切除电源以防止电动机的反向再起动。

采用速度继电器按速度原则控制的反接制动电路如图 7-9 所示。其工作过程如下：

按下 SB2，KM1 得电，电动机正常运转，此时速度继电器 BV 的动合触头闭合，为反接制动做好准备；按下 SB1，KM1 失电后 KM2 通电，使电动机定子绕组经电阻 R 后与反相序的电源接通，反接制动开始；由于电动机与速度继电器转子是同轴连接的，当电动机转速高于 120r/min 时，速度继电器动合触头 BV 闭合，反接制动保持；当电动机转速小于 100r/min 时，速度继电器动合触头 BV 断开，KM2 断电，反接制动结束。

反接制动过程的结束由电动机转速来控制，这种由速度达到一定值而发出转换信号的控制称为按速度原则的自动控制。

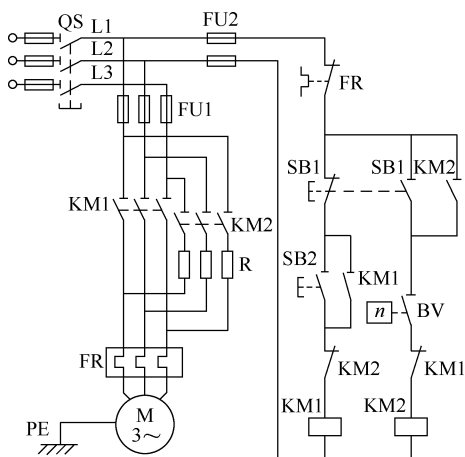


图 7-9 按速度原则控制的反接制动电路



指点迷津

为了防止反接制动变成反向旋转，最有效的办法是利用速度继电器检验减速效果。当速度降低到一定程度（接近零速）时立即断开电源。如果没有速度继电器或者速度继电器损坏，靠人工观察的方法来断开电源，稍有不慎即可导致电动机反向旋转，造成事故。

4. 能耗制动控制电路

如图 7-10 所示为由时间继电器控制的能耗制动控制电路，适用于笼型电动机的能耗制动。

在图 7-10 中，主电路在进行能耗制动时所需的直流电源，由 4 个二极管组成单相桥式全波整流电路通过接触器 KM2 引入，交流电源与直流电源的切换由 KM1 和 KM2 来完成，制动时间由时间继电器 KT 决定。

当起动电动机时，按下起动按钮 SB2 后，KM1 交流接触器线圈得电吸合，其动合触头闭合后自锁，另一动合触头闭合后使时间继电器 KT 线圈得电工作；KM1 的动断触头断开后，可防止 KM2 线圈误得电而工作；KM1 三组动合触头闭合后，使电动机得电工作。

在时间继电器 KT 线圈通电后，其动合延时分断触头瞬间接通，但由于 KM1 的动断触头已断开，故 KM2 不会得电工作。

在需要停机时，按下停止按钮 SB1 后，KM1 线圈断电释放，其所有触头均复位，当 KM1 已闭合的触头断开后，KT 线圈断电；KM1 触头复位闭合使 KM2 交流接触器线圈得电

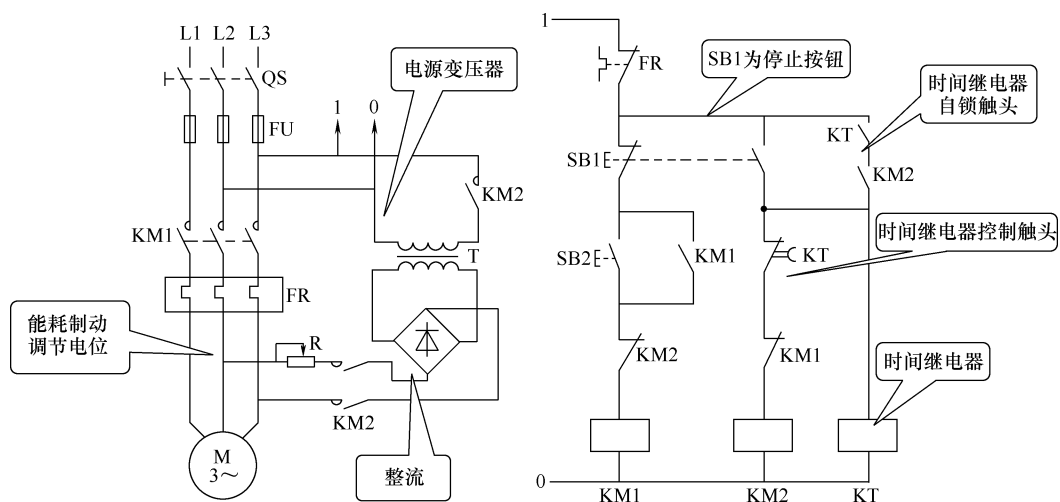


图 7-10 时间继电器控制的能耗制动控制电路

吸合，其 KM2 动断触头断开可防止 KM1 线圈得电误动作。KM2 的两组动合触头与 KM2 动断触头闭合使电源变压器 T 一次侧得电工作。从二次侧输出的交流低压经桥式整流，得到的直流电压加到电动机定子绕组上，从而使电动机迅速制动停机。

经过一段时间后，时间继电器延时分断触头断开，使 KM2 线圈的供电通路被切断，KM2 释放并切断了直流电源，制动过程结束。



指点迷津

能耗制动的优点是制动准确平稳且能量消耗较小，缺点是需附加直流电源装置、设备费用较高、制动力较弱、在低速时制动力较小。因此，能耗制动一般用于要求制动准确、平稳的场合。

能耗制动时产生的制动转矩的大小，与通入定子绕组中直流电流的大小、电动机的转速及转子电路中的电阻有关。电流越大，产生的静止磁场就越强，而转速越高，转子切割磁力线的速度就越大，产生的制动转矩也就越大。对于笼型异步电动机，增大制动转矩只能通过增大通入电动机的直流电流来实现，而通入的直流电流又不能太大，过大会烧坏定子绕组。

7.2.3 三相异步电动机正常运行控制

1. 电动机点动运行控制

电动机点动控制是通过一个按钮控制接触器的线圈，从而实现用弱电来控制强电的功能。按下按钮后，接触器线圈得电且吸合触头，电动机得电运行；松开按钮后，接触器失电，电动机也停转。

电动机点动控制用于短时间内需要电动机运转，但运转一会儿后，就需要停止的设备，例如机床、吊车、行车等设备的步进或步退控制。

如图 7-11 所示为电动机点动控制电路。该电路适合于机床和行车等设备的步进或步退控制。

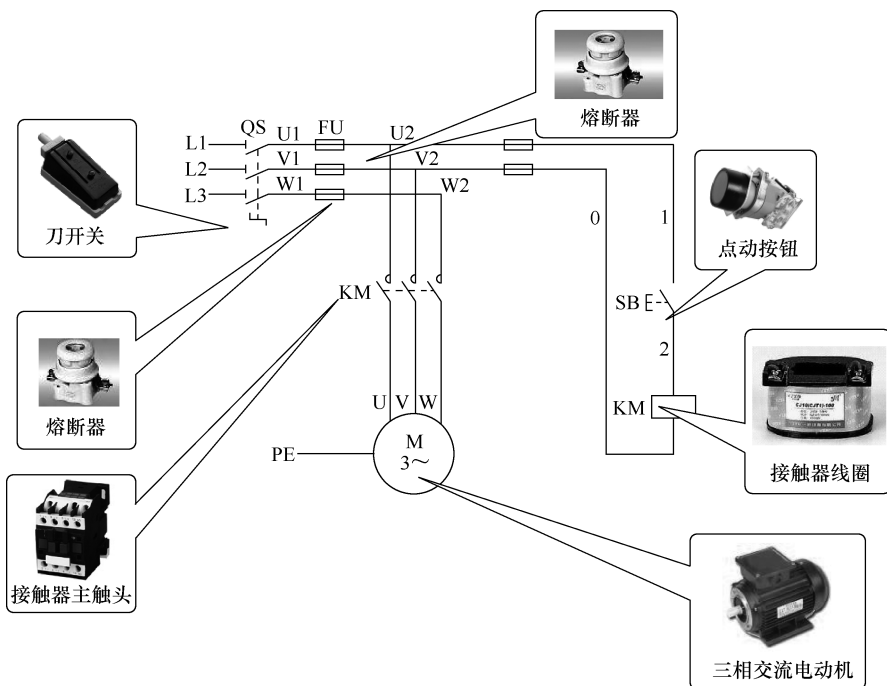


图 7-11 电动机点动控制电路原理图

合上刀开关 QS 后，因没有按下点动按钮 SB，接触器 KM 线圈没有得电，KM 的主触头断开，电动机 M 不得电，所以没有起动。

按下点动按钮 SB 后, 控制电路中接触器 KM 线圈得电, 使衔铁吸合, 带动接触器 KM 的三对主触头动合触头闭合, 电动机得电运行。即按 SB→KM 线圈得电→KM 主触头闭合→M 运转。

需要停转时，只要松开按钮 SB，按钮在复位弹簧的作用下自动复位，控制回路断开 KM 线圈的供电，衔铁释放，带动主电路中 KM 的三对触头恢复原来的断开状态，电动机停止转动。即松开 SB→KM 线圈失电→KM 主触头恢复（断开）→M 停转。

2. 电动机长动运行控制

电动机长动控制就是在按下按钮后，接触器线圈得电主触头吸合后，接触器的辅助触头也同时吸合，即使按钮松开后接触器的线圈还因辅助触头接通始终处于吸合状态而得电，只有按下停止按钮后触头才会断开，使电动机停止。

长动控制用于电动机要长时间得电运转的设备，绝大多数机电设备的工作都需要设置电动机长动控制电路。

如图 7-12 所示为利用接触器本身的动合触头自锁来保证电动机长动控制的电路。该电路是在点动控制电路的基础上,增加了停止按钮 SB1 和 KM 的自锁触头。

在该电路中, 如果不安装热继电器 FR, 就成为接触器自锁控制长动电路; 如果增加



减弱，动铁心在反作用弹簧作用下释放，自锁触头断开，而失去自锁作用，同时主触头断开，电动机停转，达到欠电压保护的目。

(3) 过载保护

为确保电动机安全运行，在图 7-12 所示电路中还可以串入热继电器 FR，其作用是作为过载保护元件。当电动机过载时，过载电流将使热继电器中的双金属片弯曲动作，使串联在控制电路的动断触头断开，从而切断接触器 KM 线圈的电路，主触头断开，电动机脱离电源停转。

采用热继电器作为过载保护元件时，将动断触头串联在电动机的控制电路中，发热元件串联在电动机的主电路中。当电动机过载时，热继电器的动断触头打开，从而断开电动机的主电路，如图 7-13 所示。

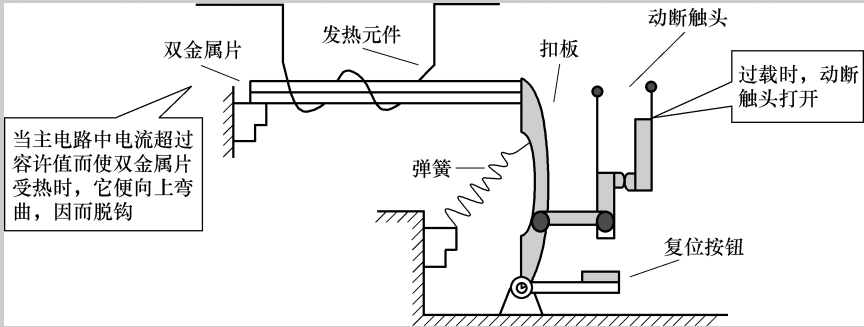


图 7-13 热继电器动作原理

3. 电动机长动、点动运行控制

有的生产机械除了需要正常的连续运行（即长动）外，进行调整工作时还需要进行点动控制，这就要求控制线路既能实现长动还能实现点动，如图 7-14 所示是利用复合按钮控制的电动机能长动又能点动的电路。图中，SB1 为停止按钮，SB2 为长动按钮，SB3 为点动按钮（内部有动合触头、动断触头各一对）。

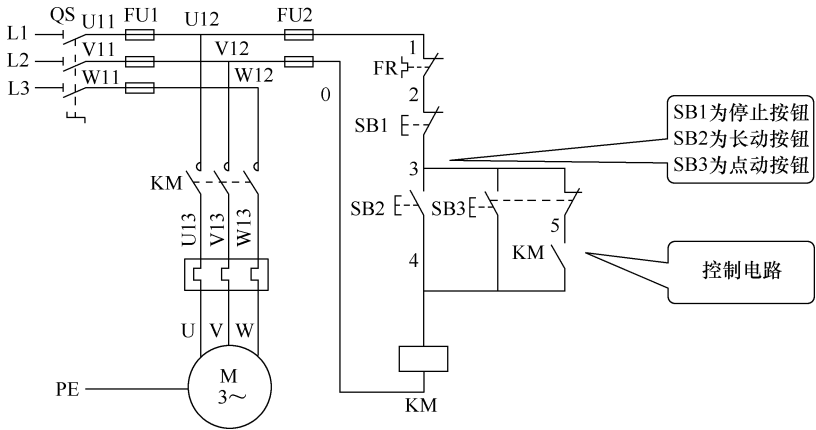


图 7-14 复合按钮控制的电动机长动和点动控制电路

下面介绍电路的工作过程。

- 1) 先闭合 QS，接通电源。
- 2) 点动控制工作过程。

当需要点动控制电动机运转时，当点动按钮 SB3 闭合未到位时，按钮的动合触头及动断触头均处于断开状态，按钮和自锁回路均断开；当按下按钮 SB3 闭合到位时，按钮的动断触头先断开，切断自锁回路，按钮的动合触头闭合导通，接触器线圈得电，实现电动机的点动控制。

点动控制的工作原理如图 7-15 所示，其工作过程可归纳为：按下 SB3→KM 线圈得电→KM 触头闭合→M 点动运转；松开 SB3→KM 线圈失电→KM 触头恢复→M 停转。

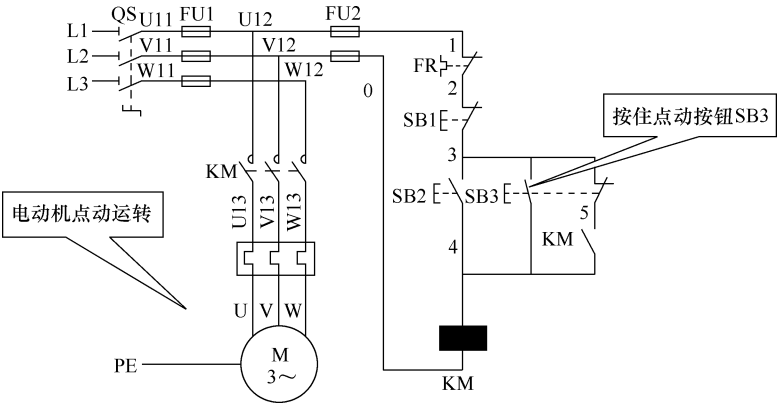
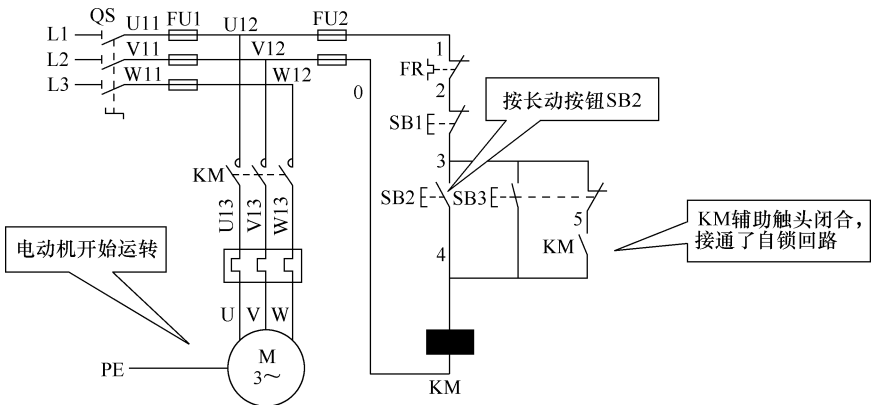


图 7-15 点动控制的工作原理图

- 3) 长动控制。

当需要长动控制时，按下长动按钮 SB2，复合按钮 SB3 的动断触头接通自锁回路，电动机得电运转；松开 SB2，电动机仍然继续运转，实现对电动机的长动控制，如图 7-16 所示。



a) 按下长动按钮SB2时

图 7-16 长动控制的工作原理图

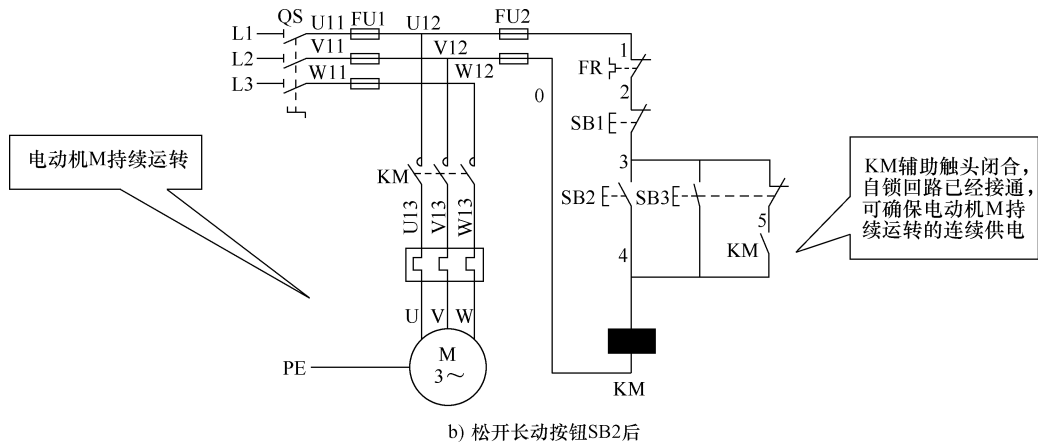


图 7-16 长动控制的工作原理图 (续)

需要电动机停止运转时, 按下 SB1 即可。

上述工作过程可归纳为: 按下 SB1→KM 线圈得电→KM 触头闭合→M 长动运转; 按下 SB2→KM 线圈失电→KM 触头恢复→M 停转。

4. 电动机正、反转运行控制

电动机要实现正、反转控制, 将其电源的相序中任意两相对调即可 (我们称为换相), 通常是 V 相不变, 将 U 相与 W 相对调。由于将两相相序对调, 故须确保两个接触器线圈不能同时得电, 否则会发生严重的相间短路故障, 因此必须采取联锁。为安全起见, 常采用按钮联锁 (机械) 与接触器联锁 (电气) 的双重联锁正、反转控制线路。使用了按钮联锁, 即使同时按下正、反转按钮, 调相用的两接触器也不可能同时得电, 机械上避免了相间短路。另外, 由于应用了接触器联锁, 所以只要其中一个接触器得电, 其动断触头就不会闭合, 这样在机械、电气双重联锁的应用下, 电动机的供电系统不可能相间短路, 有效地保护了电动机, 同时也避免在调相时相间短路造成事故, 烧坏接触。

如图 7-17 所示为接触器互锁正、反转控制电路。KM1 为正转接触器, KM2 为反转接触器。这两个接触器的主触头所接通的电源相序不同, KM1 按 L1—L2—L3 相序接线, KM2 则对调了两相的相序。控制电路有两条, 一条由按钮 SB2 和 KM1 线圈等组成的正转控制电路; 另一条由按钮 SB3 和 KM2 线圈等组成的反转控制电路。SB1 为停止按钮, SB2 为正转控制按钮, SB3 为反转控制按钮。

(1) 正转控制

当按下正转起动按钮 SB2 后, 电源相通过热继电器 FR 的动断触头、停止按钮 SB1 的动断触头、正转起动按钮 SB2 的动合触头、反转交流接触器 KM2 的动断辅助触头、正转交流接触器线圈 KM1, 使正转接触器 KM1 带电而动作, 其主触头闭合使电动机正向转动运行, 并通过接触器 KM1 的动合辅助触头自保持运行。

在正转控制过程中, 有以下几个很关键的控制步骤值得读者注意。

1) 按下 SB2, 控制电路闭合, KM1 线圈得电, 如图 7-18a 所示。

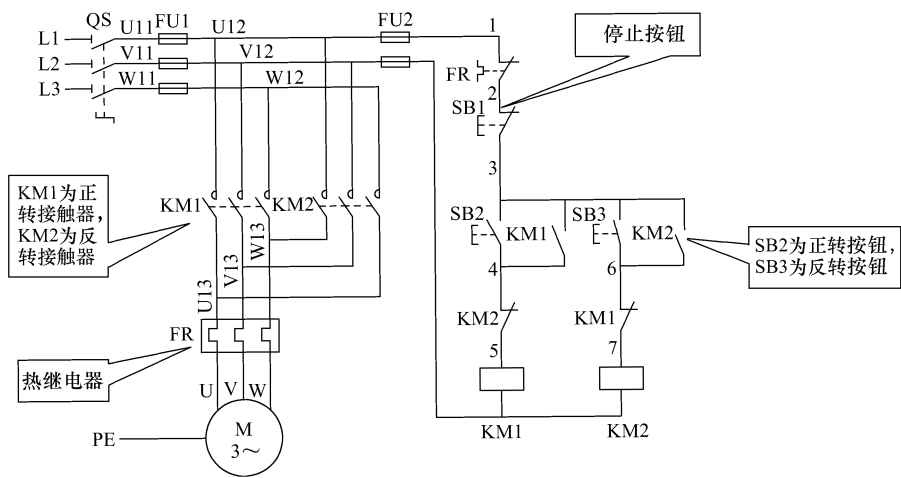


图 7-17 接触器互锁正、反转控制电路原理图

- 2) KM1 主触头闭合，主电路接通电动机 M 正向起动，如图 7-18b 所示。
- 3) KM1 辅助动合触头闭合，正转电路自锁，如图 7-18c 所示。
- 4) KM1 辅助动断触头断开，对 KM2 互锁，如图 7-18d 所示。
- 5) 松开 SB2，电动机 M 保持正转，如图 7-18e 所示。
- 6) 按下 SB1，电路失电，电动机 M 停转。

(2) 反转控制

反转起动过程与上面相似，只是接触器 KM2 动作后，调换了两根电源线 U、W 相 (即改变电源相序)，从而达到反转目的。

电动机反转控制的工作流程如下。

- 1) 按下反转按钮 SB3，控制电路闭合，反转交流接触器 KM2 线圈得电，如图 7-19a 所示。

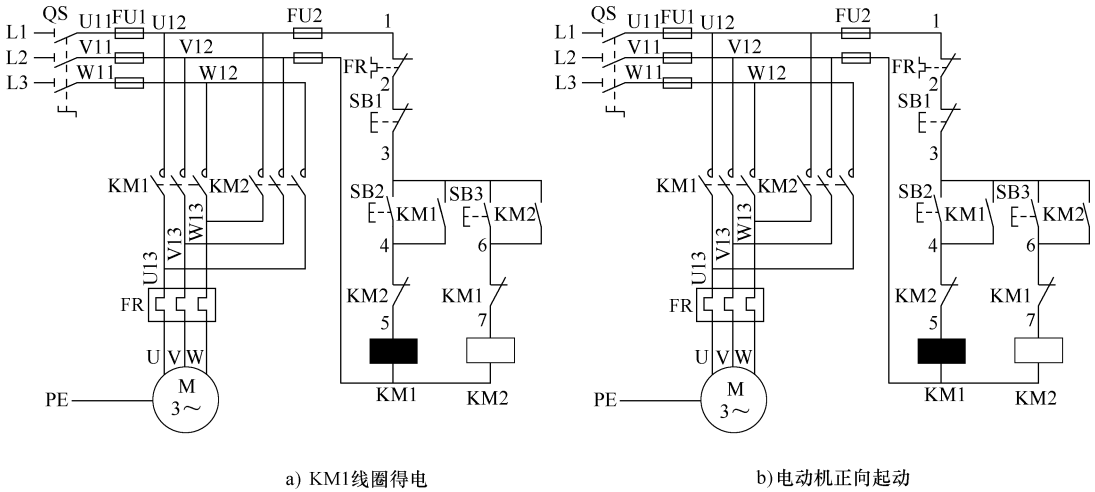


图 7-18 正转控制工作流程

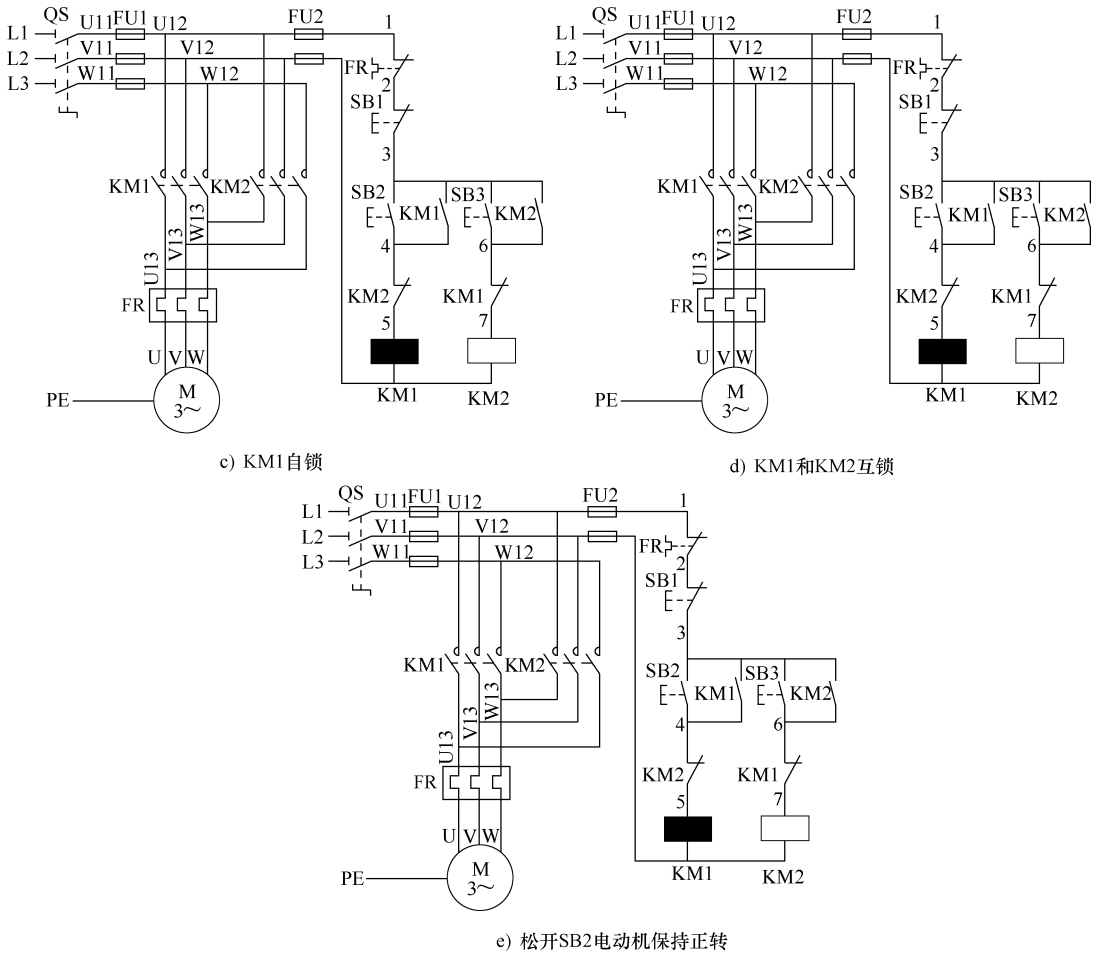


图 7-18 正转控制工作流程 (续)

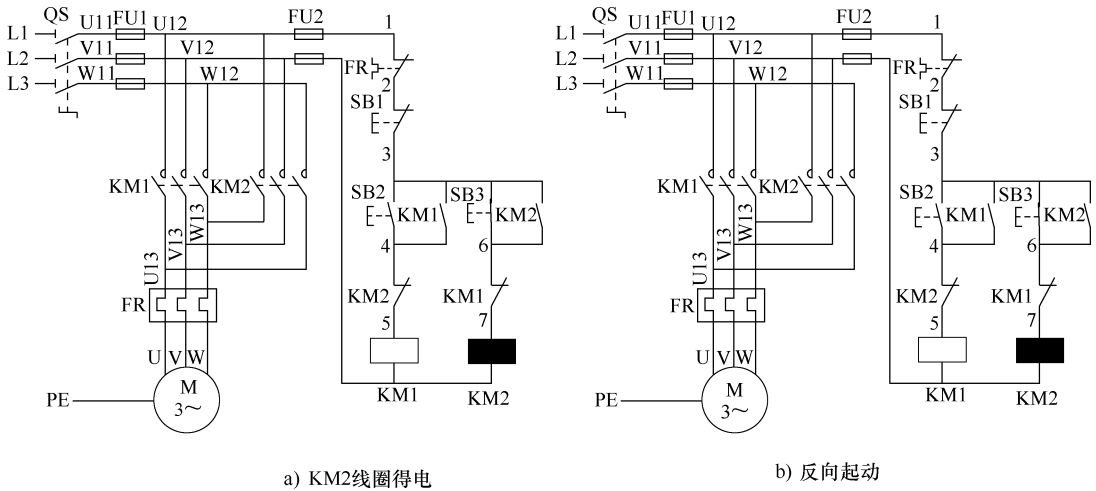


图 7-19 电动机反转控制工作流程

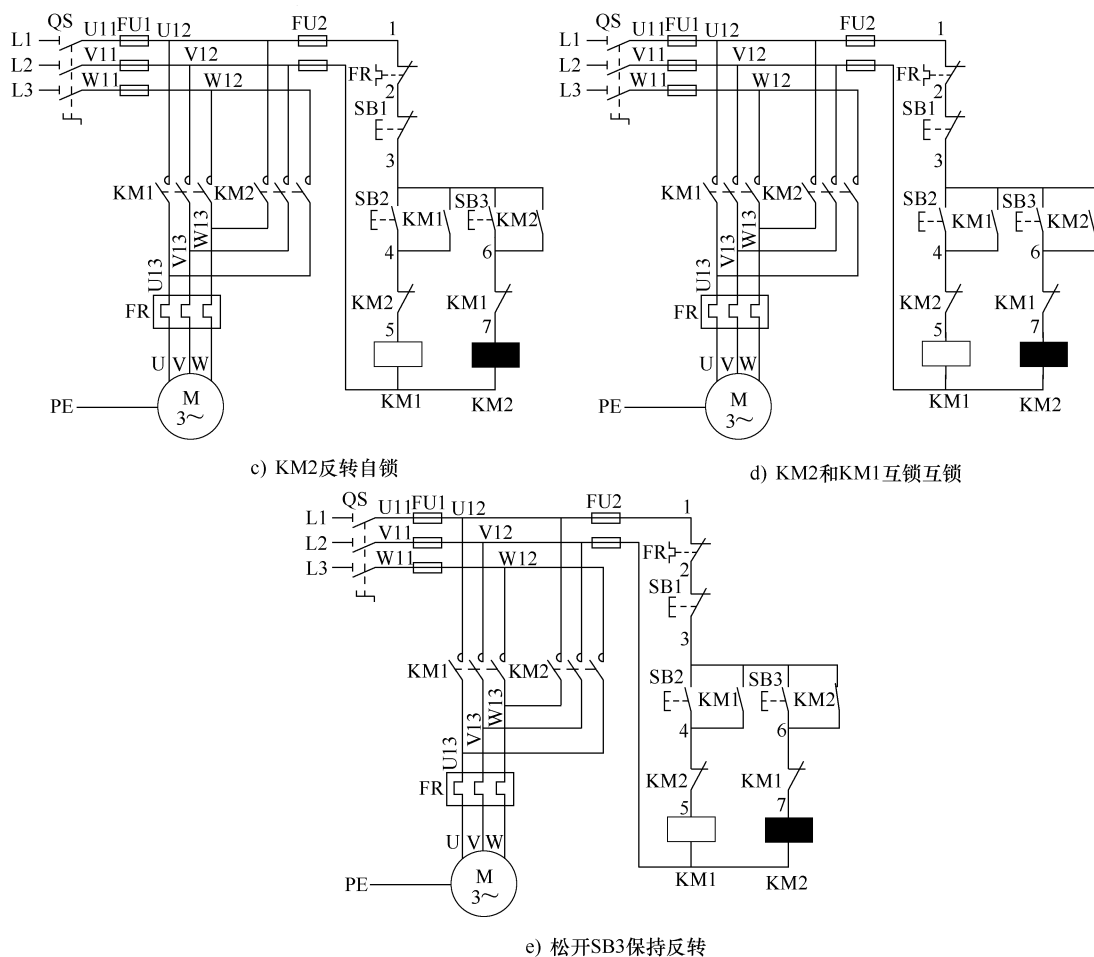


图 7-19 电动机反转控制工作流程 (续)

- 2) KM2 主触头闭合, 主电路接通, 电动机 M 反向起动, 如图 7-19b 所示。
- 3) KM2 辅助动合触头闭合, 反转电路自锁, 如图 7-19c 所示。
- 4) KM2 辅助动断触头断开, 对 KM1 互锁, 如图 7-19d 所示。
- 5) 松开 SB3, 电动机 M 保持反转, 如图 7-19e 所示。
- 6) 按下 SB1, 电路失电, 电动机 M 停转。



指点迷津

接触器互锁正、反转控制线路的优点是工作安全可靠, 缺点是操作不便。

因为电动机从正转变为反转时, 必须先按下停止按钮, 才能按反转的控制按钮, 否则由于接触器内部装置具体的联锁作用, 不能实现反转。也就是说, 正转接触器 KM1 和反转接触器 KM2 的主触头决不允许同时闭合, 否则造成两相电源短路事故。

为克服接触器互锁正、反转控制线路和按钮连锁正反转控制线路的不足, 在按钮互锁的基础上, 又增加了接触器互锁, 构成了按钮、接触器互锁正、反转控制线路, 也称为防

止相间短路。该线路兼有两种互锁控制线路的优点，操作方便，工作安全可靠。

如图 7-20 所示为按钮、接触器双重互锁正、反转控制电路。由于这种电路结构完善，所以常将它们用金属外壳封装起来，制成成品直接供给用户使用，其名称为可逆磁力起动器。所谓可逆是指它可以控制电动机正转、反转。

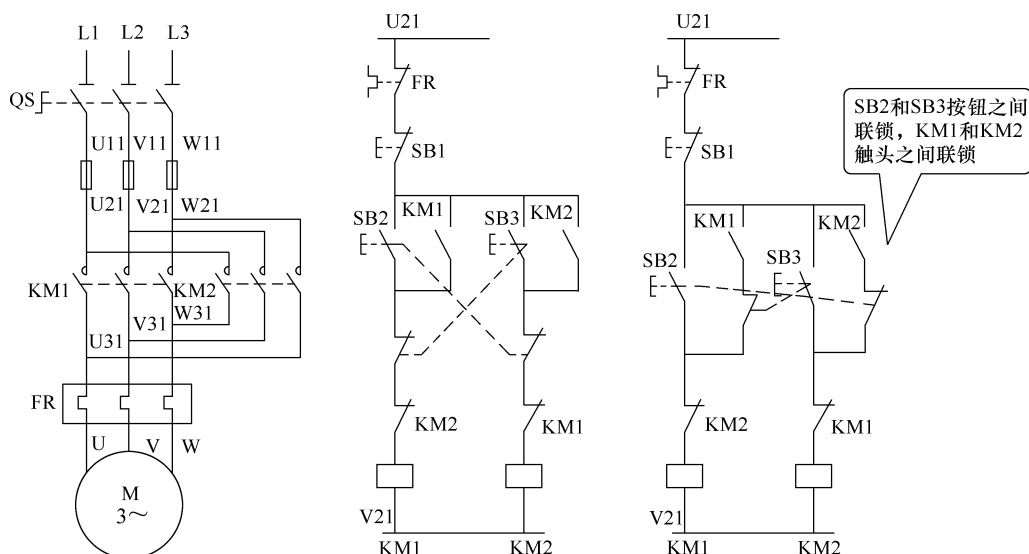


图 7-20 双重互锁正、反转控制电路

主电路中开关 QS 用于接通和隔离电源，熔断器对主电路进行保护，交流接触器主触头控制电动机的起动运行和停止，使用两个交流接触器 KM1、KM2 来改变电动机的电源相序。当通电时，KM1 使电机正转；而 KM2 通电时，使电源 L1、L3 对调接入电动机定子绕组，实现反转控制。由于电动机是长期运行，热继电器 FR 作过载保护，FR 的动断辅助触头串联在线圈回路中。

控制线路中，正、反向起动按钮 SB2、SB3 都是具有动合、动断两对触头的复合按钮，SB2 动合触头与 KM1 的一个动合辅助触头并联，SB3 动合触头与 KM2 的一个动合辅助触头并联，动合辅助触头称为“自保”触头，而触头上、下端子的连接线称为“自保线”。由于起动后 SB2、SB3 失去控制，动断按钮 SB1 串联在控制电路的主回路，用作停车控制。SB2、SB3 的动断触头和 KM1、KM2 的各一个动断辅助触头都串联在相反转向的接触器线圈回路，当操作任意一个起动按钮时，SB2、SB3 动断触头先分断，使相反转向的接触器断电释放，同时确保 KM1（或 KM2）要动作时必须是 KM2（或 KM1）确实复位，因而可防止两个接触器同时动作造成相间短路。每个按钮上起这种作用的触头叫“联锁”触头，而两端的接线叫“联锁线”。当操作任意一个按钮时，其动断触头先断开，而接触器通电动作时，先分断动断辅助触头，使相反方向的接触器断电释放，起到了双重互锁的作用。

按钮接触器双重互锁正反转控制线路是正反转电路中最复杂的一个电路，也是最完美

的一个电路。在按钮和接触器双重互锁正、反转控制电路中，既用到了按钮之间的联锁，同时又用到了接触器触头之间的互锁，从而保证了电路的安全。

7.2.4 电动机特定条件下的运行控制

1. 手动限位控制电动机正、反转

如图 7-21 所示为手动控制电动机正、反转限位控制电路，工厂车间的行车常采用这种电路。行车的两头终点处各安装一个位置开关 SQ1 和 SQ2，将这两个位置开关的动断触头分别串接在正转控制电路和反转控制电路中。行车前后装有挡铁，行车的行程和位置可通过移动位置开关的安装位置来调节。该电路有采用了两只接触器 KM1、KM2。SB1 为停止按钮，SB2 为正转按钮，SB3 为反转按钮。

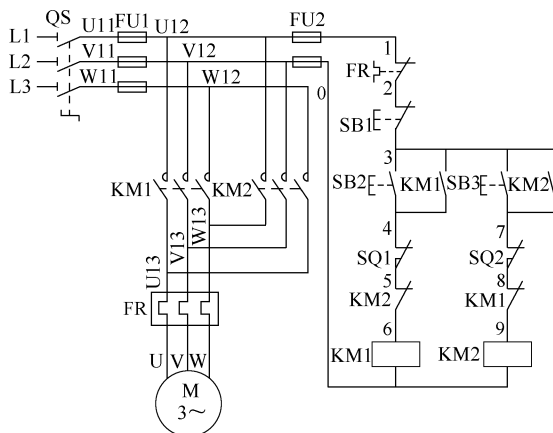


图 7-21 电动机正、反转限位控制电路

按下正转按钮 SB2，接触器 KM1 线圈得电，电动机正转，运动部件向前或向上运动。当运动部件运动到预定位置时，装在运动部件上的挡块碰压位置开关 SQ1、SQ2（或接近开关接收到信号），使其动断触头 SQ1 断开，接触器 KM1 线圈失电，电动机断电、停转。这时再按正转按钮已没有作用。若按下反转按钮 SB3，则 KM2 得电，电动机反转，运动部件向后或向下运动到挡块碰压行程开关或接近开关，接收到信号，使其动断触头 SQ2 断开，电动机停转。若要在运动途中停车，应按下停车按钮 SB1。若要在运动途中停车，应按下停车按钮 SB1。

电动机正转的工作过程如下：

- 1) 闭合 QS，接通电源。
- 2) 按下正转按钮 SB2，接触器 KM1 线圈得电，如图 7-22a 所示。
- 3) KM1 主触头闭合，主电路接通，电动机正向起动，运动部件向前或向上运动，如图 7-22b 所示。
- 4) KM1 辅助动合触头闭合，正转电路自锁，如图 7-22c 所示。
- 5) KM1 辅助动断触头断开，对 KM2 互锁，如图 7-22d 所示。
- 6) 松开 SB2，电动机保持正向运转，如图 7-22e 所示。
- 7) 当运动机构碰触位置开关 SQ1，电路失电，电动机停转。
- 8) 按下 SB1，电路失电，电动机停转。

电动机反转的工作过程如下：

- 1) 按下 SB3，控制电路闭合，KM1 线圈得电，如图 7-23a 所示。

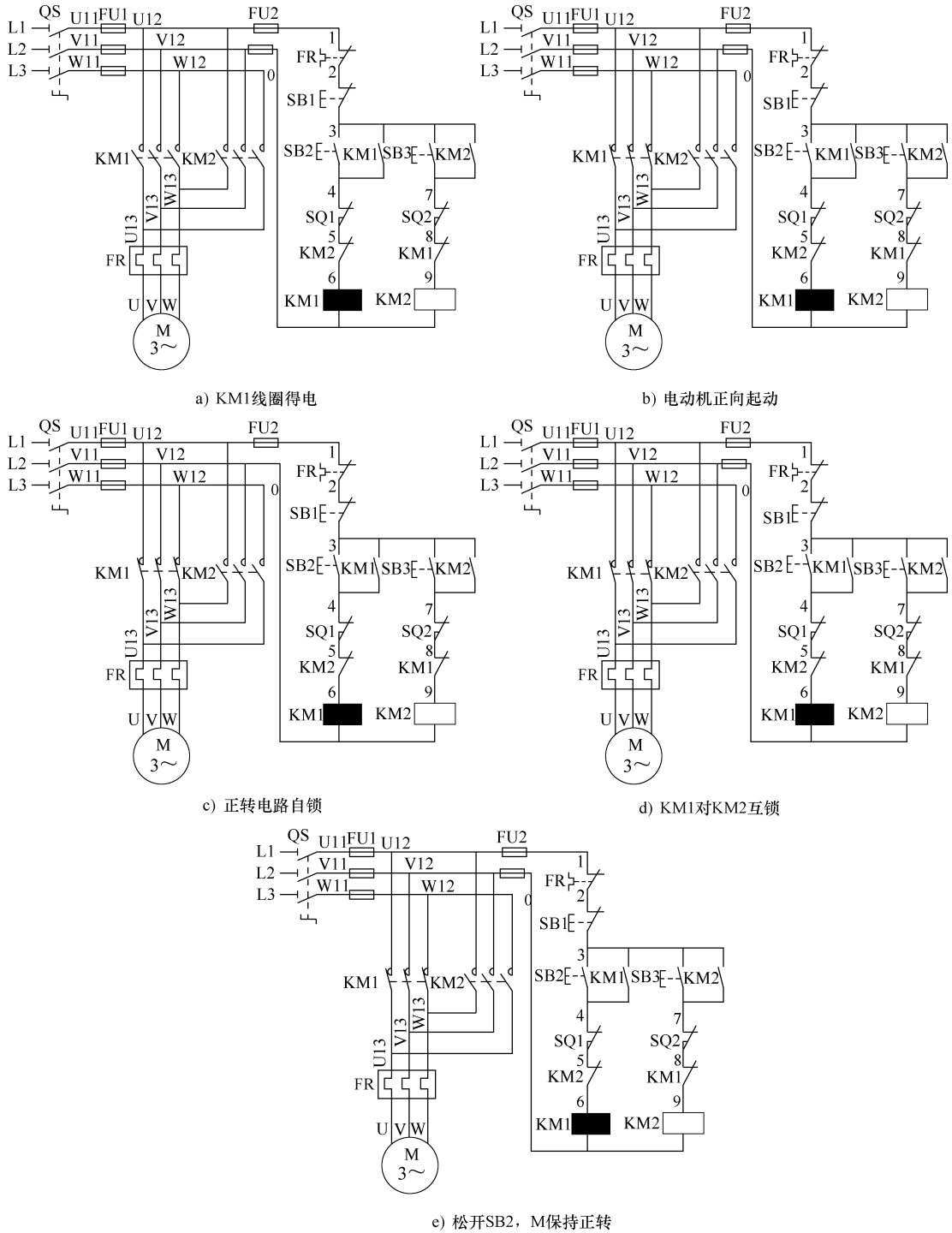


图 7-22 电动机正转工作流程

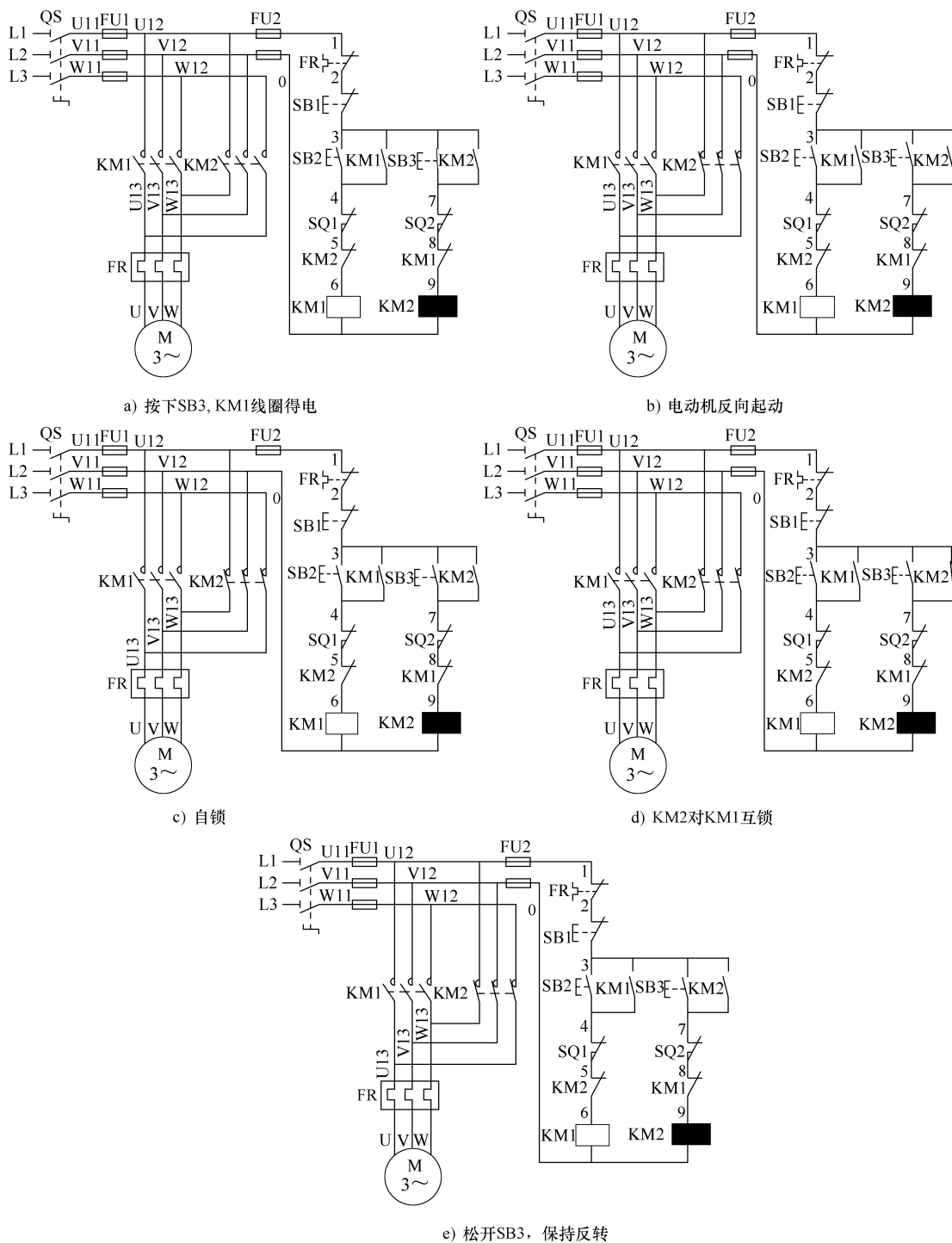


图 7-23 电动机反转工作流程

2) KM2 主触头闭合, 主电路接通, 电动机反向起动, 运动部件向后或向下运动, 如图 7-23b 所示。

3) KM2 辅助动合触头闭合, 反转电路自锁, 如图 7-23c 所示。

4) KM2 辅助动断触头断开, 对 KM1 互锁, 如图 7-23d 所示。

5) 松开 SB3, 电动机保持反向运转, 如图 7-23e 所示。

6) 当运动机构碰触位置开关 SQ2, 电路失电, 电动机停转。

7) 按下 SB1, 电路失电, 电动机停转。



指点迷津

如果将图 7-21 所示手动控制正、反转限位电路中的行程开关采用 4 个具有动合、动断触头的位置开关 (或接近开关) SQ1、SQ2、SQ3、SQ4 更换, 则成为自动往返控制的电动机正、反转限位电路, 如图 7-24 所示。其中, SQ1、SQ2 被用来自动换接电动机正反转控制电路, 实现工作台的自动往返行程控制; SQ3、SQ4 被用来作终端保护, 以防止 SQ1、SQ2 失灵, 工作台越过极限位置而造成事故。图中的 SB1、SB2 为正转起动按钮和反转起动按钮, 如若起动时工作台在右端, 则按下 SB1 起动, 工作台往左移动; 如若起动时工作台在左端, 则按下 SB2 起动, 工作台往右移动。

由此可见, 在明白电路原理的前提下对电路进行局部改进, 使其功能更完善, 也不是很高深莫测的学问, 有一定经验的电工是完全能够做到的。

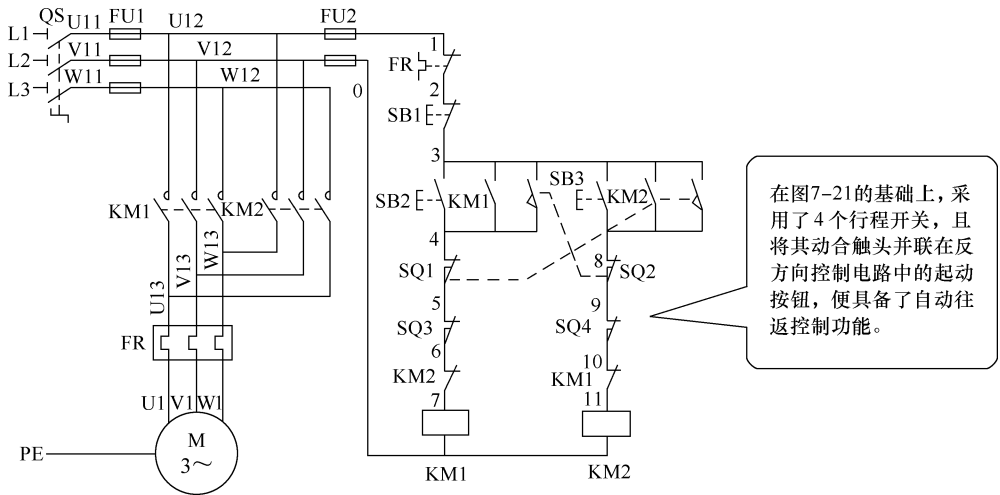


图 7-24 工作台自动往返控制电路原理图

2. 两台电动机自动循环控制

如图 7-25 所示为由两台电机构成的自动循环控制电路图。

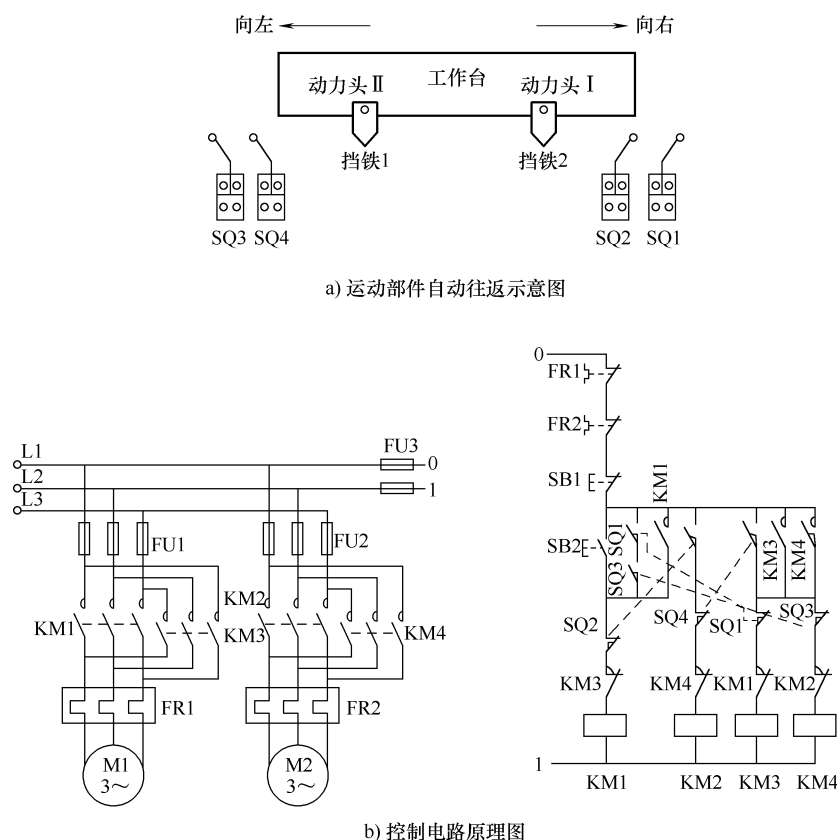


图 7-25 两台电动机自动循环控制电路

按下 SB2 按钮, 由于动力头 I 没有压下 SQ2, 所以动断触头仍处于闭合位置, 使 KM2 线圈得电, 动力头 I 拖动电动机 M1 正转, 动力头 I 向前运行。

当动力头 I 运行到终点压下限位开关 SQ2 时, 其动断触头断开, 使 KM1 失电, 而动合触头闭合, 使 KM2 得电, 动力头 II 拖动电动机 M2 正转运行, 动力头 II 向前运行。当动力头 II 运行到终点时, 压迫 SQ4, 其动断触头断开, 使 KM2 失电, 动力头 II 停止向前运行。而 SQ4 的动合触头闭合, 使得 KM3、KM4 得电, 动力头 I 和 II 的电动机同时反转, 动力头均向后退。

当动力头 I 和 II 均到达原始位置时, SQ1 和 SQ3 的动断触头断开, 使 KM3、KM4 失电, 停止后退; 同时它们的动合触头闭合, 使得 KM1 又得电, 新的循环开始。

该电路在机床运行电路中比较常见。SB2、SQ2、SQ4、SQ1 和 SQ3 是状态变换的条件。

3. 两台电动机顺序联锁控制

在装有多台电动机的生产机械上, 各电动机所起的作用是不同的, 有时需按一定的顺序起动或停止, 才能保证操作过程的合理和安全可靠。例如, 在 X62W 型万能铣床上, 要求主轴电动机起动后, 进给电动机才能起动; M7120 型平面磨床的冷却泵电动机要求当砂轮电动机起动后才能起动。这种要求几台电动机的起动或停止必须按一定的先后顺序来完

成的控制方式，叫做电动机的顺序控制。

顺序控制可以通过控制电路实现，也可通过主电路实现。

如图 7-26 所示为两台电动机顺序联锁控制电路，M1 先起动运行后，M2 才允许起动；停止则无要求。

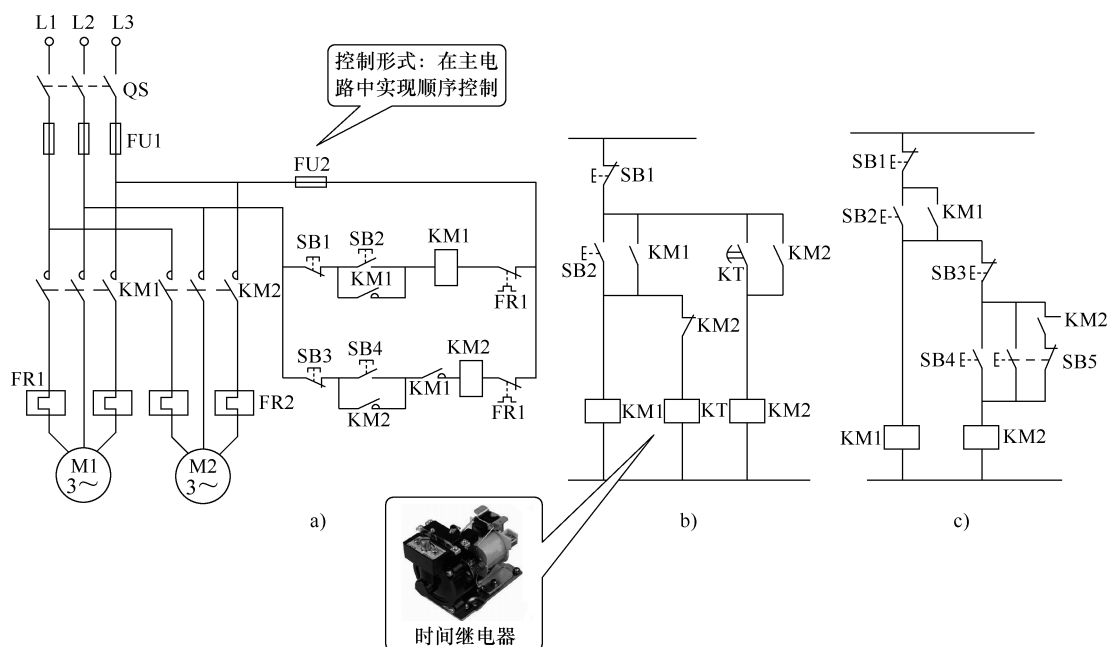


图 7-26 两台电动机顺序联锁控制电路原理图

图 7-26a 所示的两台电动机顺序起动联锁控制电路。起动时，必须先按下 SB2，KM1 有电，M1 起动运行，同时 KM1 串在 KM2 线圈回路中的动合触头闭合（辅助触头实现自锁），为 KM2 线圈得电做好准备。当 M1 运行后，按下 SB4，KM2 得电，其主触头闭合（辅助触头实现自锁），M2 起动运行。该电路中电动机停止时有两种方式：

1) 按顺序停止：当按下 SB3 时，KM2 断电，M2 停车；再按下 SB1，KM1 断电，M1 停车。

2) 同时停止：直接按下 SB1，交流接触器 KM1、KM2 线圈同时失电释放，各自的三相主触头均断开，两台电动机 M1、M2 同时断电停止工作。

图 7-26b 是两台电动机自动延时起动电路。起动时，先当按下 SB2 时，KM1 得电，M1 起动运行，同时 KT 时间继电器得电，延时闭合，使 KM2 线圈回路接通，其主触头闭合，M2 起动运行。

若按下停车按钮 SB1，则两台电动机 M1、M2 同时停车。

图 7-26c 是一台电动机先起动运行、然后才允许另一台电动机起动运行，并且具有点

动功能的电路。起动时，当按下 SB2 时，KM1 得电，M1 起动运行。这时按下 SB4，使 KM2 有电，M2 起动，连续运行。若此时按下 SB5，M2 就变为点动运行，因为 SB5 的动断触头断开了 KM2 的自锁回路。

4. 电动机多地控制

能够在两处或者两处以上同时控制一台电动机的控制方式，叫做电动机多地控制，也称为多点控制。这是为了解决在生产实际中，两处以上同时控制一台电气设备的控制要求（例如，大型机床为操作方便，往往要求在两个或两个以上的地点都能进行操作），减轻劳动者的劳动强度，避免来回奔波而设计出的多地控制电路。

如图 7-27 所示为电动机两点控制电路。图中，SB11、SB12 为安装在甲地的起动按钮和停止按钮；SB21、SB22 为安装在乙地的起动按钮和停止按钮。

该线路的特点是：两地的起动按钮 SB11、SB21 并联在一起；停止按钮 SB12、SB22 串联在一起。这样就可以分别在甲、乙两地起动和停止同一台电动机，达到方便操作的目的。

下面介绍该电路的工作原理。

先合上电源开关 QS。

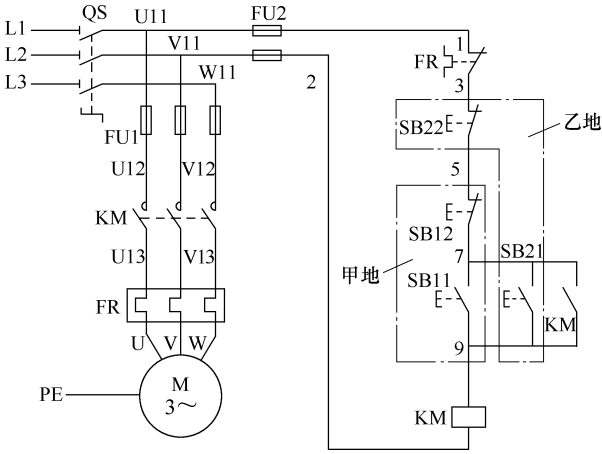


图 7-27 电动机两点控制电路原理图



值得说明的是，两地控制电路的主电路与电动机正转电路相同，不同的是控制电路。要实现三地或多地控制，只要把各地的起动按钮并联，停止按钮串联即可。



指点迷津

如果将上述控制电路用图 7-28 所示的电路更换,就可实现在三个地点控制一台电动机的起停。图中,SB1、SB4 为第一地点控制按钮,SB2、SB5 为第二地点控制按钮,SB3、SB6 为第三地点控制按钮。

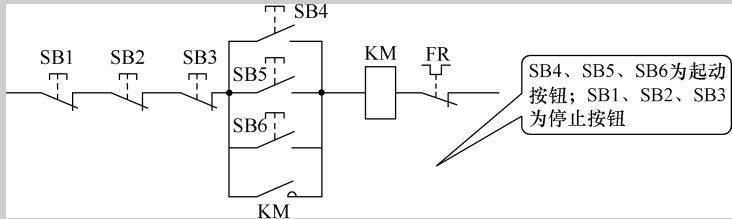


图 7-28 电动机三点控制电路

5. 电动机时间控制

如图 7-29 所示为某三相异步电动机时间控制电路。

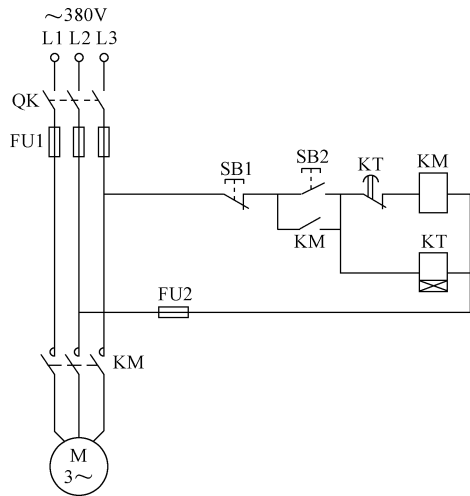


图 7-29 三相异步电动机时间控制电路

按起动按钮 SB2,接触器 KM 带电,并“自锁”,电动机起动运行。与此同时,时间继电器 KT 带电,并开始计时,当达到预先整定的时间,它的延时“动断”触头 KT 断开,切断接触器控制电路,电动机停止。同样,用时间继电器的延时“动合”触头,可以接通接触器控制电路,实现时间控制。

时间继电器延时时间根据需要进行整定。如整定为 5s,检查接线正确后合上主电源,起动电动机,观察交流接触器、时间继电器和电动机的动作情况;改变时间继电器的延时时间为 10s,重复上述操作。

6. 三相异步电动机调速控制

在生产机械中,广泛使用不改变同步转速的调速方法有绕线转子电动机的转子串电阻调速、斩波调速、串级调速以及应用电磁转差离合器、液力耦合器、油膜离合器等的调速。改变同步转速的调速方法有改变定子极对数的多速电动机,改变定子电压、频率的变频调速有能无换向电动机调速等。

从调速时的能耗观点来看,有高效调速方法与低效调速方法两种。高效调速指时转差率不变,因此无转差损耗,如多速电动机、变频调速以及能将转差损耗回收的调速方法(如串级调速等)。有转差损耗的调速方法属低效调速,如转子串电阻调速方法,能量就损耗在转子回路中;电磁离合器的调速方法,能量损耗在离合器线圈中;液力耦合器调速,能量损耗在液力耦合器的油中。一般来说转差损耗随调速范围扩大而增加,如果调速范围不大,能量损耗是很小的。

常用机电设备维护与检修技能

8.1 配电变压器

8.1.1 认识配电变压器

1. 配电变压器的种类

配电变压器在电力输送、分配和使用过程中发挥着重要的作用，通常装在电杆上或配电所中，一般能将电压从6~10kV降至400V左右输入用户。配电变压器的种类见表8-1。

表8-1 配电变压器的种类

分类方法	种 类
按结构形式分	单相变压器、三相变压器及多相变压器
按冷却介质分	干式变压器、液（油）浸变压器、充气变压器
按冷却方式分	自然冷式、风冷式、水冷式、强迫油循环风（水）冷方式、水内冷式
按线圈数量分	自耦变压器、双绕组及三绕组变压器
按导电材质分	铜线变压器、铝线变压器及半铜半铝、超导等变压器
按调压方式分	无励磁调压变压器、有载调压变压器
按中性点绝缘水平分	全绝缘变压器、半绝缘（分级绝缘）变压器
按铁心形式分	心式变压器、壳式变压器、辐射式变压器

目前，应用比较广泛有油浸式配电变压器和干式变压器。

2. 油浸式配电变压器

目前常用的油浸式配电变压器有S9系列配电变压器、S11系列配电变压器、卷铁心配电变压器和非晶合金铁心变压器。

为了使变压器的运行更加完全、可靠，维护更加简单，更广泛地满足用户的需要，近年来油浸式变压器采用了密封结构，使变压器油和周围空气完全隔绝，从而提高了变压器的可靠性。目前，主要密封形式有空气密封型、充氮密封型和全充油密封型。其中全充油密封型变压器的市场占有率越来越高，它在绝缘油体积发生变化时，由波纹油箱壁或膨胀式散热器的弹性变形做补偿。

(1) 油浸式配电变压器的结构

三相油浸配电变压器的结构如图 8-1 所示。

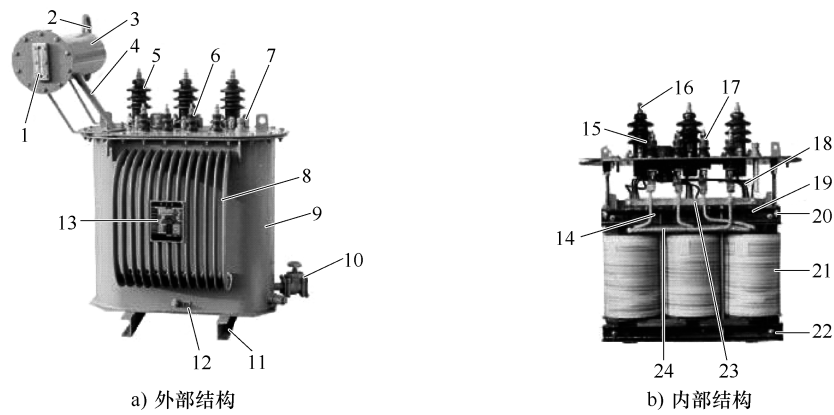


图 8-1 三相油浸配电变压器的结构

1—油位计 2—吸湿器 3—储油柜 4—安全气道 5—高压套管 6—低压套管 7—分接开关 8—散热器 9—油箱 10—放油阀门 11—安装架 12—接地板 13—铭牌 14—低压绕组引出线 15—安全气道 16—高压套管 17—低压套管 18—高压绕组引出线 19—铁心柱 20—上夹件 21—绕组（外面高压绕组里面低压绕组） 22—下夹件 23—高压引线架 24—低压引线架

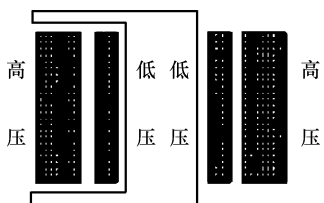
(2) 三相油浸配电变压器的主要部件

三相油浸配电变压器主要部件介绍见表 8-2。

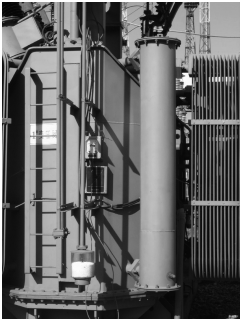
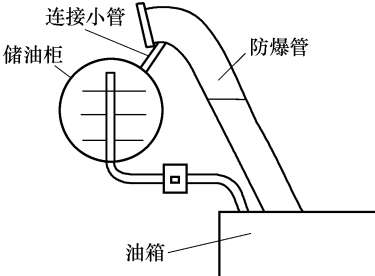
表 8-2 配电变压器主要部件介绍

部 件	说 明	图 示
油箱和散热器	油箱是变压器的外壳，由钢板焊成，用来盛装器身（包括铁心和绕组）和变压器油。变压器油起着绝缘和散热作用，为了加强冷却效果，在油箱四周装有扁管散热器或波纹片散热器 油浸式变压器冷却装置包括散热器和冷却器，不带强油循环的称为散热器，带强油循环的称为冷却器	
铁心	在原理上，铁心是构成变压器的磁路。它把一次电路的电能转化为磁能，又把该磁能转化为二次电路的电能，因此，铁心是能量传递的媒介体 在结构上，它是构成变压器的骨架。在它的铁心柱上套上带有绝缘的线圈，并且牢固地对它们支撑和压紧	接地片 上夹件 铁轭螺杆 拉螺杆 心柱绑扎 铁心磁导线 下夹件

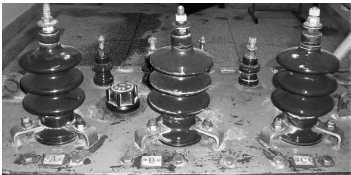
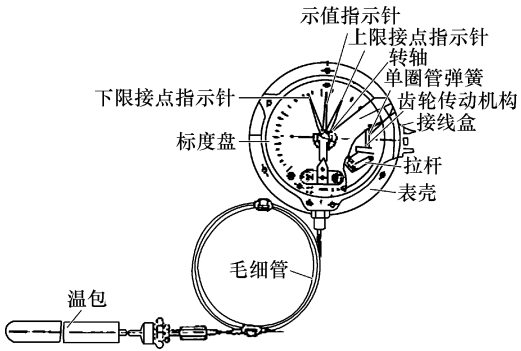
(续)

部 件	说 明	图 示
绕组	绕组是变压器最基本的组成部分，它与铁心合称配电变压器本体，是建立磁场和传输电能的电路部分。配电变压器绕组由高压绕组，低压绕组，对地绝缘层（主绝缘），高、低压绕组之间绝缘件及由燕尾垫块，撑条构成的油道，高压引线，低压引线等构成 不同容量、不同电压等级的配电变压器，绕组形式也不一样。一般配电变压器中常采用同心式和交叠式两种结构形式	 The diagram illustrates two types of transformer winding arrangements. On the left, a concentric winding is shown with a central '高压' (High Voltage) section and an outer '低压' (Low Voltage) section. On the right, an overlapping winding is shown with '低' (Low) and '高' (High) sections interleaved. Labels '高压' and '低压' are used to identify the different voltage sections.
分接开关	变压器调压是在变压器的某一绕组上设置分接头，当变换分接头时就减少或增加了一部分线匝，使带有分接头的变压器绕组的匝数减少或增加，其他绕组的匝数没有改变，从而改变了变压器绕组的匝数比。绕组的匝数比改变了，电压比也相应改变，输出电压就会改变，这样就达到了调整电压的目的 分接开关的调压方式可分为无载调压和有载调压两类	 A black and white photograph showing the tap changer mechanism of a transformer. It features a complex assembly of metal components, including a central rotating arm and several fixed contact points, used for selecting different tap positions to adjust the transformer's output voltage.
储油柜 (俗称油枕)	当变压器油的体积随着油的温度膨胀或减小时，储油柜起着调节油量，保证变压器油箱内经常充满油的作用 变压器储油柜有三种形式，即波纹式、胶囊式、隔膜式	 A photograph of a transformer oil conservator, which is a cylindrical tank used to store and regulate the level of transformer oil. It has a horizontal orientation with a circular access port on the front and mounting feet at the base.
气体继电器	又称为瓦斯继电器，安装在变压器油箱和储油柜的连管上，当变压器漏油或有气体分解时，轻瓦斯保护动作，发出预报信号。当变压器内部有严重故障时，重瓦斯保护动作，接通断路器的跳闸回路，切除电源，发出事故信号	 A photograph of a gas relay, also known as a Buchholz relay. It is a rectangular metal device with a complex internal structure, designed to detect gas accumulation or oil flow abnormalities in a transformer and trigger protective actions.

(续)

部 件	说 明	图 示
吸湿器	吸湿器又名呼吸器，常用吸湿器为吊式结构。吸湿器内装有吸附剂硅胶，储油柜内的绝缘油通过吸湿器与大气连通，内部吸附剂吸收空气中的水分和杂质，以保持绝缘油的良好性能 为了显示硅胶受潮情况，一般采用变色硅胶。变色硅胶原理是利用二氯化钴（CoCl_2）所含结晶水数量不同而有几种不同颜色的特性做成，二氯化钴含 6 个分子结晶水时，呈粉红色；含有两个分子结晶水时呈紫红色；不含结晶水时呈蓝色 吸湿器的作用是提供变压器在温度变化时内部气体出入的通道，解除正常运行中因温度变化产生对油箱的压力 吸湿器内硅胶的作用是在变压器温度下降时对吸进的气体去潮气 油封杯的作用是延长硅胶的使用寿命，把硅胶与大气隔离开，只有进入变压器内的空气才通过硅胶	
净油器	净油器又名热吸虹器，是用钢板焊接成圆筒形的小油罐，罐内也装有硅胶或活性氧化铝吸附剂。当油温变化而上下流动时，经过净油器达到吸取油中水分、渣滓、酸、氧化物的作用 净油器安装再变压器上部时净化效率高，装在下部时易于更换，安装位置应视情况而定	
防爆管	防爆管又名安全气道，装在油箱的上盖上，由一个喇叭形的管子与大气相通，管口用薄膜玻璃板或酚醛纸板封住。为防止正常情况下防爆管内油面升高使管内气压上升而造成防爆薄膜松动或破损及引起气体继电器误动作，在防爆管与储油柜之间连接一小管，以使两处压力相等 防爆管的作用使当变压器内部发生故障时，将油里分解出来的气体及时排出，以防止变压器内部压力骤然增高而引起油箱爆炸或变形	

(续)

部 件	说 明	图 示
高、低压 套管	绝缘套管是油浸式配电变压器箱外的主要绝缘装置，变压器绕组的引出线必须穿过绝缘套管，使引出线之间及引出线与变压器外壳之间绝缘，同时起到固定引出线的作用	
温度计	大型变压器都装有测量上层油温的带电触头的测温装置，它装在变压器油箱外，便于运行人员监视变压器油温情况	

3. 干式变压器

干式变压器是指铁心和绕组不浸渍在绝缘油中的变压器。相对于油浸配电变压器来说，干式变压器因没有油，也就没有火灾、爆炸、污染等问题，故电气规范、规程等均不要求干式变压器置于单独房间内。特别是新的系列，损耗和噪声降到了新的水平，更为变压器与低压屏置于同一配电室内创造了条件。

(1) 干式变压器的种类

干式变压器种类很多，主要有浸渍绝缘干式变压器和环氧树脂绝缘干式变压器两类，如图 8-2 所示。

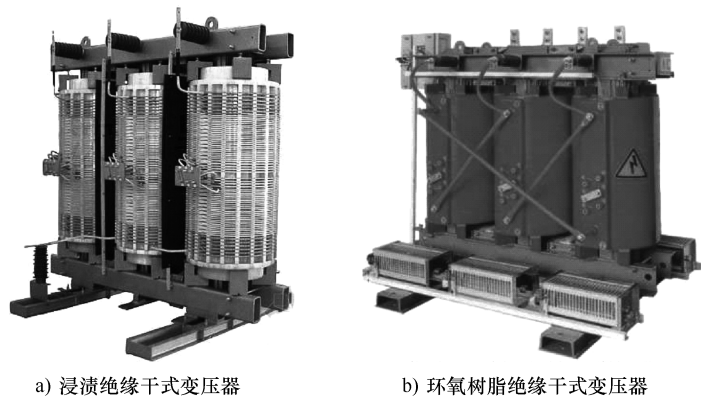


图 8-2 干式变压器

(2) 干式变压器的结构特点

干式变压器的结构如图 8-3 所示，其结构特点见表 8-3。

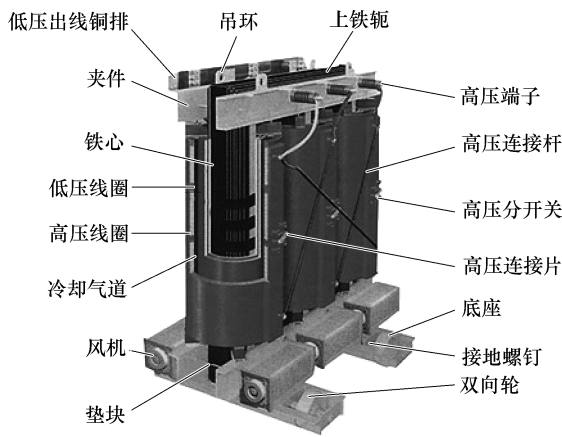


图 8-3 干式变压器的结构

表 8-3 干式变压器的结构特点

部 件	结 构 特 点
铁心	采用优质冷轧晶粒取向硅钢片，铁心硅钢片采用 45°全斜接缝，使磁通沿着硅钢片接缝方向通过
绕组	绕组有缠绕式、环氧树脂加石英砂填充浇注式、玻璃纤维增强环氧树脂浇注式（即薄绝缘结构）、多股玻璃丝浸渍环氧树脂缠绕式等，一般多采用薄绝缘结构，因为它能有效地防止浇注的树脂开裂，提高了设备的可靠性 高压绕组一般采用多层圆筒式或多层分段式结构；低压绕组一般采用层式或箔式结构

8.1.2 配电变压器的运行与维护

1. 变压器投运与停运

1) 对新投运的变压器以及长期停用或大修后的变压器，在投运之前，应重新按照《电气设备预防性试验规程》进行必要的试验，绝缘试验应合格，并符合基本要求的规定，值班人员还应仔细检查并确定变压器在完好状态，具备带电运行条件，有载开关或无载开关处于规定位置，且三相一致；各保护部件、过电压保护及继电保护系统处于正常可靠状态。

2) 新投运的变压器必须在额定电压下做冲击合闸试验，冲击 5 次；大修或更换改造部分绕组的变压器则冲击 3 次。在有条件的情况下，冲击前变压器最好从零起升压，而后进行正式冲击。

3) 变压器投运、停运操作顺序，应在运行规程（或补充部分）中加以规定，并须遵守下列各项：

① 强迫油循环风冷式变压器投入运行时，应先逐台投入冷却器并按负载情况控制投入的台数；变压器停运时，要先停变压器，使冷却装置继续运行一段时间，待油温不再上

升后再停。

② 变压器的充电应当由装设有保护装置的电源侧的断路器进行，并考虑到其他侧是否会增加绝缘方面所不允许的过电压现象。

4) 装有储油柜的变压器通电前，应排尽套管升高座、散热器及净油器等上部的残留空气；对强迫油循环的变压器，应开起油泵，让油循环一定时间后再将空气排尽。开起油泵时，变压器各侧绕组均应接地。

5) 运行中的备用变压器，应随时可以投入运行；长期停运者，应定期充电，同时投入冷却装置。

2. 变压器的停送电

主变压器停电操作的顺序：先停负荷侧，后停电源侧。

主变压器送电操作顺序：先送电源侧，再送负荷侧。

配电变压器停送电操作顺序：在一般情况下，停电时应先拉开负荷侧的低压开关，再拉开电源侧的高压跌落式熔断器。

操作中，应尽量避免带负荷拉合跌落式熔断器，如果发现操作中带负荷错合熔断器，即使合错，甚至发生电弧，也不准将熔断器再拉开。如果发生带负荷错拉熔断器，在动触头刚离开固定触头时，便发生电弧，这时应立即合上，可以消灭电弧，避免事故扩大。但如熔断器已全部拉开，则不许将误拉的熔断器再合上。对于容量为 200kVA 及以下的配电变压器，允许其高压侧的熔断器分、合负荷电流。



指点迷津

在多电源的情况下，按上述顺序停电，可以防止变压器反送电，遇有故障时，保护可能拒动，延长故障切除时间，使事故扩大。从电源侧逐级进行送电操作，可以减少冲击起动电流（负荷），减少电压波动，保证设备安全运行。如遇有故障，可立即跳闸或停止操作，便于按送电范围检查、判断和处理。停电时先停负荷侧，从低压到高压逐级停电操作顺序，可以避免开关切断较大的电流量，减少操作过电压的幅值、次数。

3. 变压器正常巡视检查

变压器日常巡视每天应至少一次，夜间巡视每周应至少一次。变压器正常巡视检查项目见表 8-4。

表 8-4 变压器正常巡视检查

序 号	检 查 内 容
1	变压器运行的音响是否正常
2	储油柜及充油套管中的油色、油位是否正常，有无渗漏油现
3	冷却装置运行是否正常
4	上层油温表指示是否正确，有无异常情况

(续)

序 号	检 查 内 容
5	各侧套管有无破损，有无放电痕迹及其他异常现象
6	防爆管的隔膜是否完好，有无积液情况
7	吸湿器变色硅胶的变色程度
8	气体继电器内是否满油
9	本体及各附件有无渗油、漏油
10	各侧套管桩头及连接线有无发热、变色现象
11	变压器附近周围环境及堆放物是否有可能造成威胁变压器的安全运行

4. 变压器特殊巡视检查

变压器在特殊条件下运行时，应对其进行特殊巡视检查，检查内容见表 8-5。

表 8-5 变压器特殊巡视检查

序 号	检 查 内 容
1	在过负荷情况下，应监视负荷、油温和油位的变化，接头接触应良好，示温蜡片应无熔化现象，冷却系统应运行正常
2	在大风天气时，应注意引线的松紧、摆动情况，以及变压器、引线上有无异物搭挂
3	在雷雨天气时，应着重检查瓷套管有无放电闪络现象，避雷器的放电记录器动作情况
4	在大雾天气时，应检查瓷套管有无放电闪络现象，尤其应注意已污秽的瓷质部分
5	在下雪天气时，应根据积雪溶化情况检查接头发热部位，并及时处理积雪和冰凌
6	在出现大电流短路故障后，应检查有关设备和接头有无异状
7	在气体继电器发出报警信号后，应仔细检查变压器的外部情况

5. 变压器检修后的验收

变压器检修后应验收的项目见表 8-6。

表 8-6 变压器检修后应验收的项目

序 号	验 收 项 目
1	检修项目是否齐全
2	检修质量是否符合要求
3	存在缺陷是否全部消除
4	电试、油化验项目是否齐全，结果是否合格
5	检修、试验及技术改进资料是否齐全，填写是否正确
6	有载调压开关是否正常，指示是否正确
7	冷却风扇、循环油泵试运转是否正常
8	瓦斯保护传动试验动作是否正确
9	电压分接头是否在配电要求的挡位，三相应一致
10	变压器外表、套管是否清洁

8.1.3 变压器常见故障及处理方法

变压器故障可分为内部故障和外部故障，内部故障是指变压器本体内部绝缘或绕组出现的故障，外部故障是指变压器辅助设备出现的故障。下面简要介绍变压器的常见故障及处理方法。

1. 变压器声音异常

变压器属静止设备，运行中会发出轻微连续不断的“嗡嗡”声。如果变压器运行时产生的声音不均匀或有其他特殊的响声，就应视为变压器运行不正常，并可根据声音的不同查找出故障，进行及时处理。变压器声音异常的几种情况及原因分析及处理措施见表 8-7。

表 8-7 变压器声音异常原因及处理

声音异常情况	原因分析	处理措施
声音比平时增大	电网发生过电压。当电网发生单相接地或产生谐振过电压时，都会使变压器的声音增大	可结合电压表、电流表的指示进行综合判断
	变压器过负荷。变压器过负荷时会使其声音增大，尤其是在满负荷的情况下突然有大的动力设备投入，将会使变压器发出沉重的“嗡嗡”声	
有杂音	若变压器的声音比正常时增大且有明显的杂音，但电流电压无明显异常时，则可能是内部夹件或压紧铁心的螺钉松动，使得硅钢片振动增大所造成	对变压器进行吊芯检查，并拧紧松动了的螺钉
有放电声	若变压器内部或表面发生局部放电，声音中就会夹杂有“劈啪”的放电声。发生这种情况时，若在夜间或阴雨天气下，可看到变压器套管附近有蓝色的电晕或火花，则说明瓷件污秽严重或设备线夹接触不良；若变压器的内部放电，则是不接地的部件静电放电，或是分接开关接触不良放电	将变压器作进一步检测或停用
有水沸腾声	若变压器的声音夹杂有水沸腾声且温度急剧变化，油位升高，则应判断为变压器绕组发生短路故障，或分接开关因接触不良引起严重过热	立即停用变压器，并进行检修
有爆裂声	若变压器声音中夹杂有不均匀的爆裂声，则是变压器内部或表面绝缘击穿	
有撞击声和摩擦声	变压器的声音中夹杂有连续的有规律的撞击声和摩擦声，则可能是变压器外部某些零件（如表计、电缆、油管等），因变压器振动造成撞击或摩擦，或是外来高次谐波源所造成	应根据情况予以处理

2. 变压器油温异常

由于运行中的变压器内部的铁损和铜损转化为热量，热量向四周介质扩散。当发热与

散热达到平衡状态时，变压器各部分的温度趋于稳定。铁损是基本不变的，而铜损随负荷变化。顶层油温表指示的是变压器顶层的油温，温升是指顶层油温与周围空气温度的差值。运行中要以监视顶层油温为准，温升是参考数字（目前对绕组热点温度还没有能直接监视的条件）。

若发现在同样正常条件下，油温比平时高出 10℃ 以上或负载不变而温度不断上升（冷却装置运行正常），则认为变压器内部出现异常。

导致变压器温度异常的原因及处理措施见表 8-8。

表 8-8 变压器温度异常的原因及处理

故障原因	原因分析	处理措施
内部故障引起温度异常	变压器内部故障。如绕组之间或层间短路，绕组对周围放电，内部引线接头发热；铁心多点接地使涡流增大过热；零序不平衡电流等漏磁通形成回路而发热等因素引起变压器温度异常。发生这些情况，还将伴随着瓦斯或差动保护动作。故障严重时，还可能使防爆管或压力释放阀喷油	变压器应停用检查
冷却器运行不正常引起温度异常	冷却器运行不正常或发生故障，如潜油泵停运、风扇损坏、散热器管道积垢冷却效果不良、散热器阀门没有打开或散热器堵塞等因素引起温度升高	对冷却系统进行维护或冲洗，提高冷却效果



指点迷津

变压器的过热对变压器的使用寿命影响极大，主要表现为油温异常升高，根据变压器运行的 6℃ 法则，在 80 ~ 140℃ 的温度范围内，温度每增加 6℃，变压器绝缘有效使用寿命降低的速度会增加一倍。国标 GB1094 中的规定，油浸变压器绕组平均温升限值 65K，顶部油温升是 55K，铁心和油箱是 80K。

3. 变压器油位异常

变压器储油柜的油位表，一般标有 - 30℃、+ 20℃、+ 40℃ 三条线，如图 8-4 所示。油位标上 + 40℃ 表示安装地点变压器在环境最高温度为 + 40℃ 时满载运行中油位的最高限额线，油位不得超过此线；+ 20℃ 表示年平均温度为 + 20℃ 时满载运行时的油位高度；- 30℃ 表示环境为 - 30℃ 时空载变压器的最低油位线，不得低于此线，若油位过低，应加油。根据这三个标志可以判断是否需要加油或放油。运行中变压器温度的变化会使油的体积发生变化，从而引起油位的上下位移。常见的油位异常情况见表 8-9。



图 8-4 变压器油位标

表 8-9 变压器常见的油位异常情况

油位异常情况	故障描述	原因分析
假油位	如变压器温度变化正常，而变压器油标管内的油位变化不正常或不变，则说明是假油位	油标管堵塞
		储油柜吸湿器堵塞
		防爆管通气孔堵塞
		储油柜内存有一定数量的空气
油面过低	油面过低应视为异常。因其低到一定限度时，会造成轻瓦斯保护动作；严重缺油时，变压器内部绕组暴露，导致绝缘下降，甚至造成因绝缘散热不良而引起损坏事故。处于备用的变压器如严重缺油，也会吸潮而使其绝缘能力降低	变压器严重渗油
		修试人员因工作需要多次放油后未作补充
		气温过低且油量不足，或储油柜容积偏小，不能满足运行要求

4. 变压器的部件颜色或气味异常

变压器的许多故障常伴有过热现象，使得某些部件或局部过热，因而引起一些有关部件的颜色变化或产生特殊气味，其常见原因见表 8-10。

表 8-10 变压器的颜色或气味异常原因及处理

异常情况	原因分析	处理措施
引线、线卡处颜色变暗，镀层遭破坏	套管接线端部紧固部分松动，或引线头线鼻子等接触面发生严重氧化，使接触处过热，颜色变暗失去光泽，表面镀层也遭到破坏	连接接头部分一般温度不宜超过 70℃，可用示温蜡片检查，一般黄色熔化为 60℃，绿色 70℃，红色 80℃，也可用红外线测温仪测量。温度很高时会发出焦臭味
有一种特殊的“臭氧”味	套管、绝缘子有污秽或损伤，严重时发生放电、闪络	清扫套管、绝缘子，如有损伤可用新器件更换
硅胶变色过快	长期阴雨天气，空气湿度较大，吸湿变色过快	更换硅胶
	吸湿器容量过小	更换较大容量的吸湿器
	硅胶玻璃罩罐有裂纹破损	修复或更换硅胶玻璃罩
	吸湿器下部油封罩内无油或油位太低起不到良好油封作用，使湿空气未经油封过滤而直接进入硅胶罐内	添加变压器油
	吸湿器安装不良，如胶垫龟裂不合格，螺钉松动导致密封不良而受潮	根据情况进行修复
焦糊气味	附件电源线或二次线的老化损伤，造成短路产生的异常气味	更换电线

5. 气体电器动作

变压器轻瓦斯继电器动作，表明变压器运行异常，应立即进行检查处理，方法如下：
1) 对变压器外观、声音、温度、油位、负荷进行检查，若发现漏油严重，油位在油

位指示计零刻度以下,这时应立即使变压器退出运行,并尽快处理漏油。

若发现变压器温度异常升高或运行声音异常,则变压器内部可能存在故障。变压器的异常噪声有两种类型:一种是机械振动引起的;一种是局部放电引起的。若噪声来自变压器内部,应根据其音质判断是内部元件机械振动还是局部放电,放电噪声的节拍规律一般与高压套管上的电晕噪声类似。若发现可疑内部放电噪声,应立即进行变压器油的色谱分析并加强监视。

2) 抽取气样进行分析判断。一般情况下是采用现场定性判断和在实验室进行定量分析并用的。

取气时,最好使用适当容积的注射器进行。取下注射器的针尖,换上一小段塑料或耐油橡胶细管。取气前注射器和软管内应先吸满变压器油,排出空气,然后将注射器活塞推到底,排出注射器内的油。将软管接在气体继电器的排气阀上(要求接口严密不漏气)。打开气体继电器排气阀,缓缓抽回注射器活塞,气体即进入注射器内。

在吸有气体的注射器针尖前点火,缓缓推入活塞,观察气体是否可燃。同时必须将气体送化验部门进行含气成分分析,以便进一步作出准确的判断。也可以在现场采用便携式微型气相色谱仪进行初步分析,如图8-5所示。

若气体的可燃性检查发现气体可燃或色谱分析确认变压器内部存在故障,应立即设法将变压器退出运行。

若气体无色无臭不可燃,色谱分析判断为空气,则气体继电器动作可能是由于二次回路故障造成误报警,应迅速检查并处理。

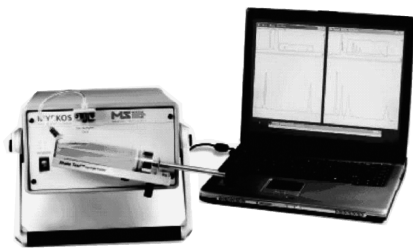


图 8-5 便携式微型气相色谱仪



指点迷津

在抽取气体的过程中应注意,应在严格的监护下进行,严格保持与带电部分的安全距离。

6. 变压器自动跳闸

变压器自动跳闸时,应立即进行全面检查,查明跳闸原因再作处理。具体的检查内容如下:

1) 根据保护的动作信号、故障波录像及其他监测装置的显示或打印记录,判断是什么保护动作。

2) 检查变压器跳闸前的负荷、油位、油温、油色,变压器有无喷油、冒烟、瓷套管闪络、破裂,压力释放阀是否动作或其他明显的故障迹象,气体继电器有无气体等。

3) 分析故障波的波形。

4) 了解系统情况,如保护区内外有无短路故障、系统内有无操作,是否有操作过电压、合闸励磁涌流等。

若检查结果表明变压器自动跳闸不是变压器故障引起，则在外部故障排除后，变压器可重新投入运行。

若检查发现下列情况之一者，应认为变压器内部存在故障，必须进一步查明原因，排除故障，并经电气试验、色谱分析以及其他针对性的试验证明故障确已排除后，方可重新投入运行。

- 1) 气体继电器中抽取的气体经分析判断为可燃气体。
- 2) 变压器有明显的内部故障特征，如外壳变形、油位异常、强烈喷油等。
- 3) 变压器套管有明显的闪络痕迹或破损、断裂等。
- 4) 差动、瓦斯、压力等继电保护装置有两套或两套以上动作。

 指点迷津

运行中的变压器如发现以下任何情况，应立即停止变压器的运行。

- 1) 变压器内部声响异常或声响明显增大。
- 2) 套管有严重的破损和放电现象。
- 3) 变压器冒烟、着火、喷油。
- 4) 变压器已出现故障，而保护装置拒动或动作不正确。
- 5) 变压器附近着火、爆炸，对变压器构成严重威胁。

变压器着火，应立即断开电源，并停止风扇和油泵，与此同时，立即召唤消防人员，并立即启动灭火装置进行灭火。如着火原因是绝缘油溢出在顶盖上引起燃烧，可打开下部放油阀门放油至适当油位即不再溢油为止，防止油位低于大盖，引起箱内起火。如为变压器内部故障致使变压器内部着火，则不能放油，以防空气进入形成爆炸性混合气体导致严重爆炸。

8.2 普通车床的维护与检修

8.2.1 普通车床的技术要求及维护要点

1. 普通车床的主要技术性能

常用普通车床的主要技术性能见表 8-11。

表 8-11 普通车床主要技术性能

项 目	单 位	型 号					
		C6132E	CW6140	CW6163A	CW6163B	CW6163C	CW61100B
最大加工直径	mm	320	400	630	630	630	1000
最大加工长度	mm	750	1000	3000	1500	3000	5000
			2000				
			1500				

(续)

项 目	单 位	型 号					
		C6132E	CW6140	CW6163A	CW6163B	CW6163C	CW61100B
主轴转级	级数	12	24	18	18	18	24
主轴转速	r/min	30 ~ 140	10 ~ 1400	7.5 ~ 1000	7.5 ~ 1000	7.5 ~ 1000	1.15 ~ 250
小刀架最大加工长度	mm	100	150	200	150	200	300
围架套筒最大移动量	mm	100	150	150	100	120	200
表面粗糙度	mm	6.3 ~ 3.2	6.3 ~ 3.2	6.3 ~ 3.2	6.3 ~ 3.2	6.3 ~ 3.2	6.3 ~ 3.2
主电动机功率	kW	2.5/2.8/4	7.5	11	11	11	22

2. 普通车床电气控制要求

- 1) 主轴电动机一般选用笼型电动机，完成车床的主运动和进给运动。主轴电动机可直接起动；车床采用机械方法实现反转；采用机械调速，对电动机无电气调速要求。
- 2) 车削加工时，为防止刀具和工件温度过高，需要一台冷却泵电动机来提供冷却液。要求主轴电动机起动后冷却泵电动机才能起动，主轴电动机停车，冷却泵电动机也同时停车。
- 3) 有的普通车床配置有一台刀架快速移动电动机。
- 4) 必须具有短路、过载、失电压和欠电压等必要的保护装置。
- 5) 具有安全的局部照明装置

3. 普通车床的日常维护项目

- 1) 检查机床内外表面应整齐、清洁、无油垢、无锈蚀、无脱漆。
- 2) 检查机床周围环境，应无杂物、无铁屑。
- 3) 检查机床的润滑，定时检查机床润滑部位的油质、油量、油温等。
- 4) 检查机床的操作机构、变速手柄、限位开关、安全防护保险装置，应灵敏可靠。
- 5) 检查机床有无腐蚀、砸伤、碰伤、拉伤和漏电、漏油、漏水等情况，搞好清洁卫生工作。

4. 一级保养内容

机床运转 420h 进行一级保养，其保养内容如下：

- 1) 完成日常维护规定内容。
- 2) 清洗床头箱油泵、滤清器、进给箱和溜板箱大拖板部位的油线、毛毡及防尘防屑装置。
- 3) 根据设备使用情况可对严重磨损部位解体检查和清洗。
- 4) 清洗挂轮架、挂轮、轴、套，调整配合间隙。
- 5) 检查设备运转情况，声音、温度、振动应正常。

5. 二级保养内容

机床每运转 3000h 应进行二级保养，其保养内容如下：

- 1) 完成一级保养内容。
- 2) 对严重磨损部位、大小溜板、架等进行拆卸、检查和保养。
- 3) 研磨并修正大小溜板滑动面和基准面，调整镶条和压板间隙。
- 4) 修复或更换磨损的螺纹传动螺母、离合器摩擦片等零件，并给下次二保或大修做好准备。
- 5) 校正安装水平，检查测量主轴、主轴轴线的平行度等主要精度。
- 6) 清洗检查齿轮箱、水箱、更换润滑油、冷却液。
- 7) 清扫电动机、润滑电动机轴承，检查配电线路，应整齐安全可靠。

6. 定期检查内容

普通车床定期检查内容见表 8-12。

表 8-12 普通车床定期检查内容

项 目	周 期	内 容	要 求
操作系统	每天	操作手柄变速手柄	灵活、位置准确
安全系统	每天	防护装置	安全、可靠
润滑系统	每天	流量、油量、油泵	油量、流量合适，油泵工作正常
冷却系统	每月	冷却泵、管路	温度正常，不渗漏
主传动系统	半月	振动、噪声、温度、动作	无振动、无噪声，轴承温度低于 60℃，动作灵敏可靠
电动机及电气系统	半月	异音、温度、振动绝缘	电动机无异常声音，温度低于 60℃，无振动。电气绝缘良好、无漏电
机床精度	6 个月	安装水平	符合安装水平
		几何准确度	符合机床准确度检验标准

8.2.2 普通车床常见电气故障检修

1. 车床电气故障处理一般步骤

- 1) 根据故障现象进行故障调查研究。
- 2) 在电气原理图上分析故障范围。
- 3) 通过试验观察法对故障进一步分析，缩小故障范围。
- 4) 用测量法寻找故障点。
- 5) 检修故障。
- 6) 通电试车。
- 7) 整理现场，作好维修记录。

2. 车床电气故障调查方法

- 1) 问。询问操作者故障前后电路和设备的运行情况及故障发生后的现象。故障发生前有无切削力过大和频繁起动、制动、停车等情况，有无经过保养或改动线路，是否有声响、冒烟、火花、异常振动等。
- 2) 看。查看故障发生后是否的明显外观征兆。如信号异常，有指示装置的熔断器熔断，保护电器动作，接线脱落，触头烧蚀或熔焊，线圈过热烧毁等。
- 3) 听。要线路还能运行和不扩大故障范围、不损坏设备的前提下，可通电试车，细听电动机、接触器和继电器的声音是否正常。
- 4) 摸。要在刚切断电源后，尽快触摸电动机、变压器、电磁线圈及熔断器等，是否有过热现象。

3. CW6140 型车床电气故障检修

下面以 CW6140 型车床为例，介绍普通车床常见电气故障的检修方法。
CW6140 型车床有两种主要运动：一种是主轴上的卡盘或顶尖带着工件的旋转运动，称为主运动；另一种是溜板带着刀架的直线运动，称为进给运动。CW6140 型车床的电路原理图和接线图如图 8-6 所示。

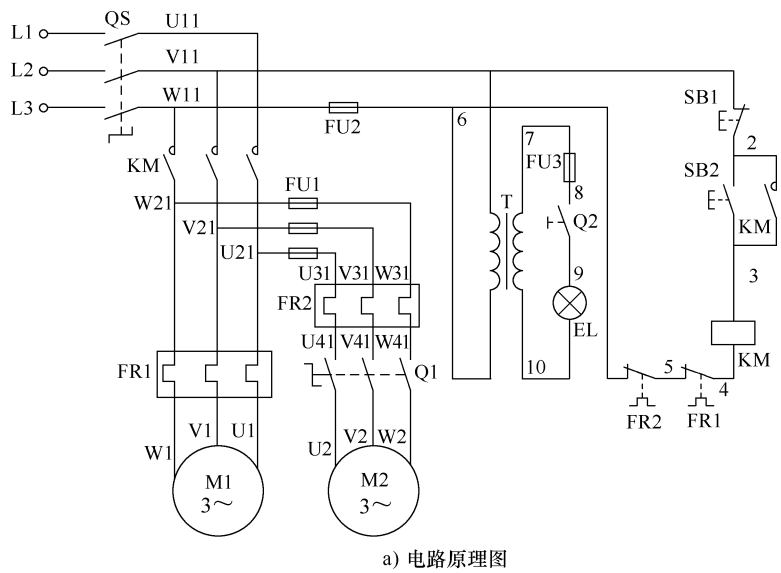


图 8-6 CW6140 型车床的电路原理图和接线图

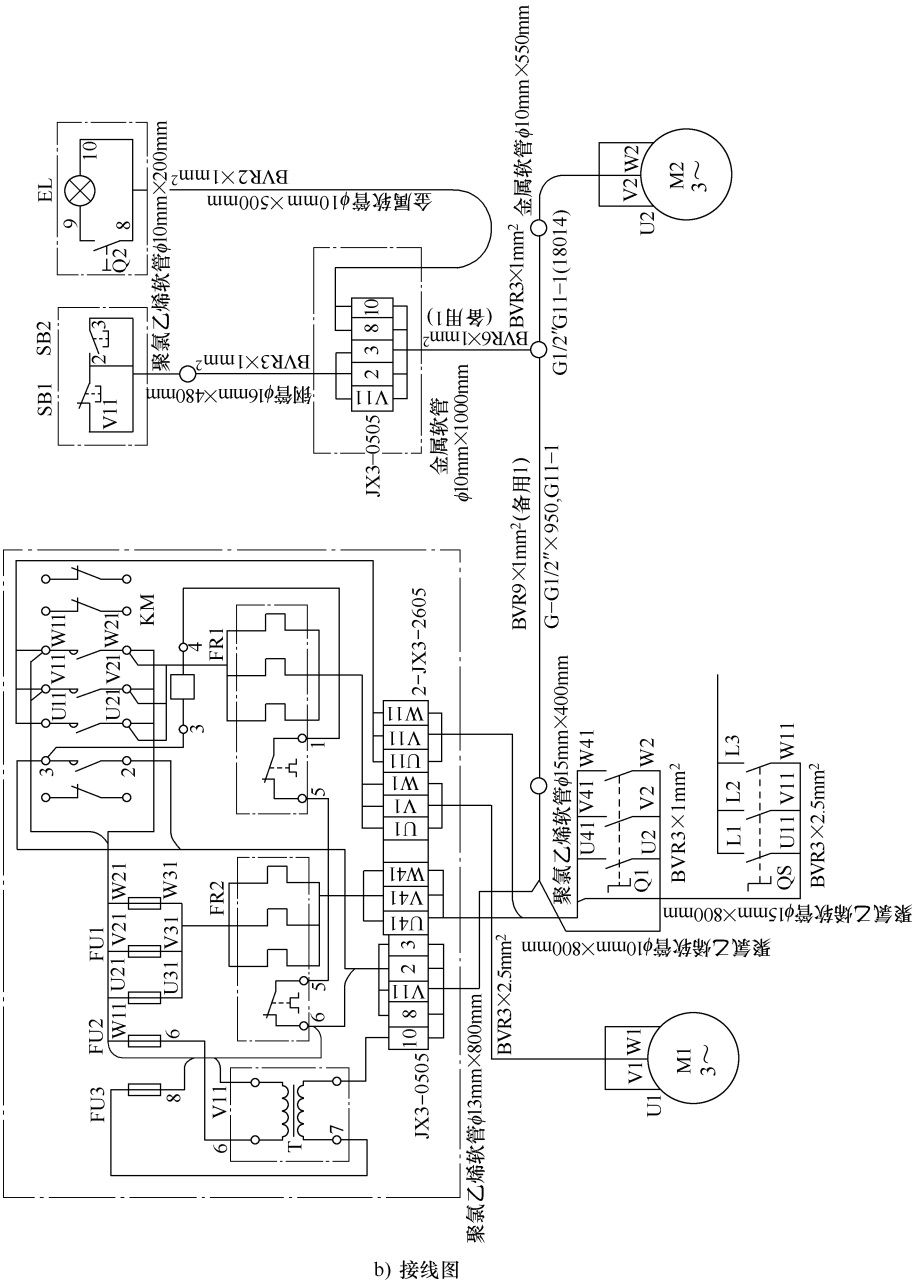


图 8-6 CW6140 型车床的电路原理图和接线图 (续)

CW6140 型车床电气控制线路的常见故障及检修方法见表 8-13。

表 8-13 CW6140 型车床电气控制线路的常见故障及检修方法

故障现象	故障原因	检修方法
接触器不吸合，主轴电动机不启动	(1) 熔断器 FU1 熔断或接触不良 (2) 热继电器 PR1、FR2 已动作，或动断触头接触不良 (3) 接触器 KM 线圈断线或接头接触不良 (4) 按钮 SB1、SB2 接触不良或按钮线路有断线处	(1) 更换熔芯或旋紧熔断器 (2) 检查热继电器 PR1、FR2 动作原因及动断触头接触情况，并予以修复 (3) 检查接触器 KM 线圈断线或接头接触情况，并予以修复；接触器衔铁若卡死应拆下重装 (4) 检查按钮触头或线路断线处，并予以修复
接触器能吸合，但主轴电动机不起动	(1) 接触器主触头接触不良 (2) 热继电器电热丝烧断 (3) 电动机损坏、接线脱落或断线	(1) 将接触器主触头拆下，用砂纸打磨使其接触良好 (2) 更换热继电器 (3) 检查电动机或接线，并予以修复
主轴电动机能起动，但不能自锁（按下起动按钮主电动机运转，松开起动按钮主电动机停转）	(1) 接触器 KM 的自锁触头（2~3）接触不良或其接头松动 (2) 按钮接线脱落	(1) 检查接触器自锁触头，并予以修复；紧固接线端 (2) 检查按钮接线，并予以修复
主轴电动机断相运行（主轴电动机转速很慢，并发出“嗡嗡”声）	(1) 供电电源断相 (2) 接触器有一相接触不良 (3) 热继电器电热丝烧断 (4) 电动机损坏、接线脱落或断线	(1) 用万用表检测电源是否缺相，检修供电电源 (2) 检查接触器触头，并予以修复 (3) 更换热继电器 (4) 检查电动机或接线，并予以修复
主轴电动机不能停转（按 SB1 电动机不停转）	(1) 接触器主触头熔焊、衔铁部位有异物卡住 (2) 接触器未擦去铁心的防锈油致使衔铁粘住	(1) 切断电源使电动机停转，更换接触器主触头或将异物取出 (2) 将接触器铁心的防锈油擦干净
照明灯不亮	(1) 照明灯 EL 损坏或熔断器 PU3 熔断 (2) 变压器一、二次绕组断线或松脱、短路	(1) 更换照明灯或熔体 (2) 用万用表检测变压器一、二次电压是否正常，检查变压器断线、短路及接线，并予以修复



指点迷津

普通车床电气故障检修必须注意如下事项:

1) 在找车床故障点和修复故障时, 必须进一步分析查明产生故障的根本原因。例如, 在处理某台电动机因过载烧毁的事故时, 绝不能认为将烧毁的电动机重新修复或换上一台同型号的新电动机即可, 而应进一步查明电动机过载的原因, 到底是因负载过重, 还是电动机选择不当、功率过小所致, 因为两者都会导致电动机过载。所以在处理故障时, 修复故障应在找出故障原因并排除之后进行。

2) 找出车床故障点后, 一定要针对不同故障情况和部位相应采取正确的修复方法, 不要輕易采用更换元器件的方法, 更不允许輕易改动线路或更换规格不同的元器件, 以防产生人为故障。

3) 在故障点的修理工作中, 一般情况下应尽量做到复原。有时为了尽快恢复车床的正常运行, 根据实际情况也允许采取一些适当的应急措施, 但绝不可草率行事。

4) 车床电气故障修复完毕, 需要通电试运行, 应和操作人员配合, 避免出现新的故障。

5) 每次排除故障后, 应及时总结经验, 并做好维修记录。记录的内容包括: 机械的型号、名称、编号、故障发生日期、故障现象、部位、损坏的电器、故障原因、修复措施及修复后的运行情况等。记录的目的是备以后维修时参考, 并通过对历次故障的分析, 采取相应的有效措施, 防止类似事故的再次发生。

8.3 平面磨床的维护与检修

8.3.1 平面磨床的控制要求及维护要点

平面磨床是指用磨具或磨料加工工件各种表面的机床。一般用于对零件淬硬表面做磨削加工。通常, 磨具旋转为主运动, 工件或磨具的移动为进给运动。磨床可分为外圆磨床、内圆磨床、平面磨床、专用磨床和多用磨床等十余种。目前, 生产企业常用的平面磨床主要有 M7120A、M7120、M7130、MM7132A、M7140、M7150A、SFS 等型号。

1. 平面磨床的电气控制要求

1) 砂轮电动机一般选用笼型电动机, 完成磨床的主运动。对砂轮电动机没有调速要求, 也不需要反转, 可直接起动。

2) 平面磨床需要一台液压泵电动机驱动液压泵。对液压泵电动机也没有调速、反转要求, 可直接起动。

3) 平面磨床需要一台冷却泵电动机提供冷却液, 冷却泵电动机与砂轮电动机需要顺序控制。

4) 平面磨床采用电磁吸盘来吸持工件。电磁吸盘要有充磁和退磁电路,同时为防止磨削加工时因电磁吸盘吸力不足而造成工件飞出,还要求有弱磁保护。为保证安全,电磁吸盘与三台电动机之间还要有电气联锁装置,即电磁吸盘吸合后,电动机才能起动。

5) 必须具有短路、过载、失电压和欠电压等必要的保护装置。

6) 具有安全的局部照明装置。

2. 平面磨床一保作业范围

1) 清洗冷却泵铁屑槽、附件及水箱并检查冷却液,清洗并调整磨头及磨头镶条。

2) 清洗机油滤清器、磁盘、床面和导轨面、液压泵、管线及油路。

3) 检查并调整压力阀的压力,检查各液压手柄和导轨是否灵活。

4) 检查行程速度和导轨进油状况。

5) 紧固各部件螺钉。

6) 机床内外各部件应清洁,并加注润滑油。

3. 平面磨床二保作业范围

1) 砂轮主轴轴承间隙调整检查。

2) 修磨工作台台面,修刮各导轨面的毛刺。

3) 检查油泵及各管线接头,检查并调整进给机构丝杆螺母间隙。

4) 清洁电动机及电器设备。

8.3.2 平面磨床常见故障及处理方法

下面以 M7130 型平面磨床为例介绍平面磨床的故障及排除方法,其控制电路如图 8-7 所示。

1. 三台电动机都不能起动

该现象可能是主电路或控制电路的故障。首先按下任一起动按钮,若某一接触器吸合,且伴有“嗡嗡”声,则是电路发生故障:如是三相刀开关 QS1 接触不良,应维修;或者更换熔断器 FU1,即可排除故障。如果接触器不吸合,则可能是如下原因:

1) 欠电流继电器 KA 的动合触头接触不良,或转换开关 QS2 的触头(3-4)接触不良、接线松脱或有油垢。

检修时,应将转换开关 QS2 扳至“吸合”位置,检查欠电流继电器 KA 动合触头(3-4)的接通情况,不通则修理或更换元件,就可排除故障。否则,将转换开关 QS2 扳到“退磁”位置,拔掉电磁吸盘插头,检查 QS2 的触头(3-4)的通断情况,不通则修理或更换转换开关。

2) 若 KA 和 QS2 的触头(3-4)无故障,电动机仍不能起动,可检查热继电器 FR1、FR2 动断触头是否动作或接触不良,如有故障应进行修理或更换。

2. 电磁吸盘无吸力

1) 用万用表测三相电源电压是否正常。若电源电压正常,再检查熔断器 FU1、FU2、FU4 有无熔断现象。

常见的故障是熔断器 FU4 熔断,造成电磁吸盘电路断开,使吸盘无吸力。

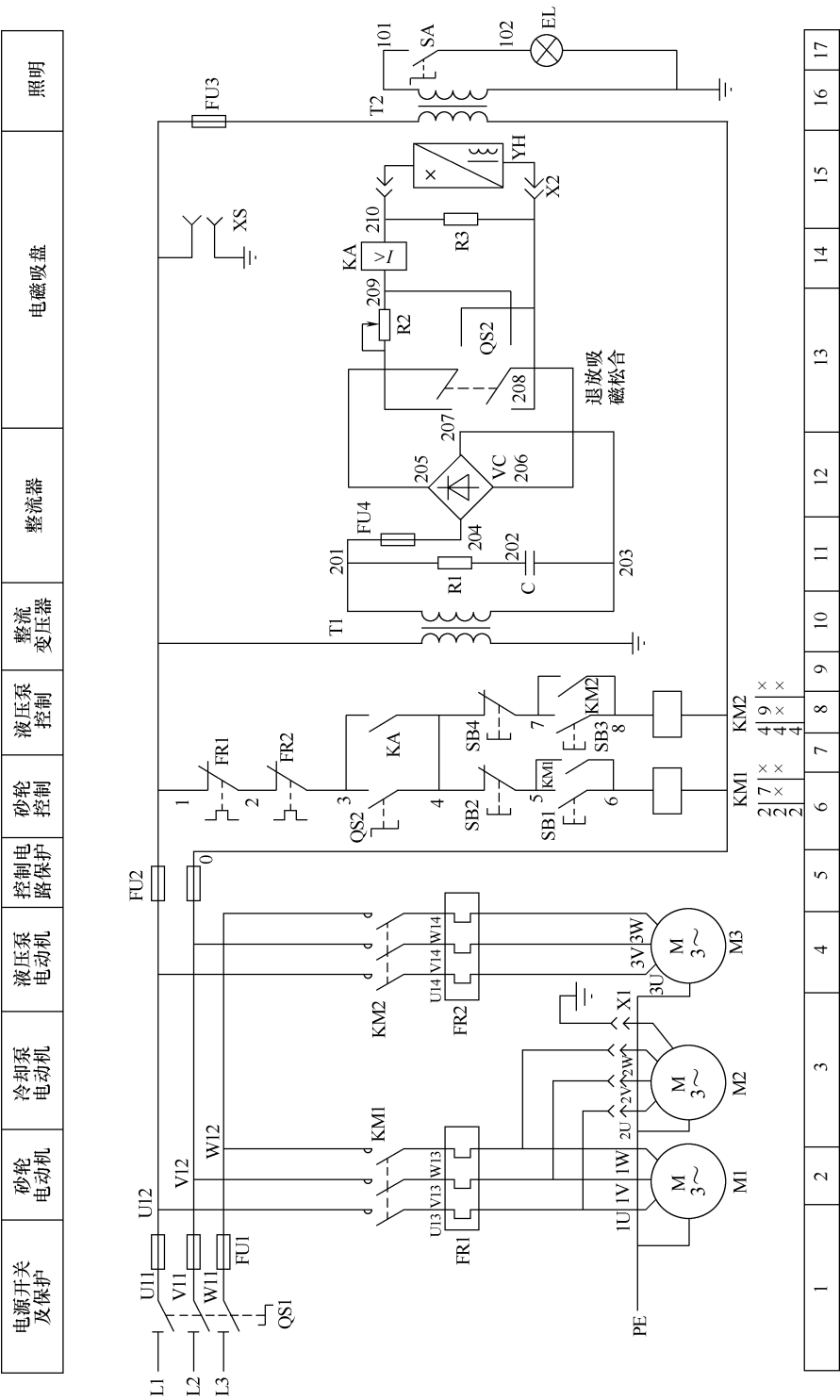


图 8-7 M7130 型平面磨床的电气控制电路原理图

2) 如果检查整流器输出空载电压正常,而接上吸盘后,输出电压下降不大,欠电流继电器 KA 不动作,吸盘无吸力,则应依次检查电磁吸盘 YH 的线圈、接插器 X2、欠电流继电器 KA 的线圈有无断路或接触不良的现象。

检修故障时,可使用万用表测量各点电压,查出故障元器件,进行修理或更换,即可排除故障。

3. 电磁吸盘吸力不足

引起这种故障的原因是电磁吸盘损坏或整流器输出电压不正常。

电磁吸盘的电源电压由整流器 VC 供给。空载时,整流器直流输出电压应为 130 ~ 140V,负载时不应低于 110V。若整流器空载输出电压正常,带负载时电压远低于 110V,则表明电磁吸盘线圈已短路,短路点多发生在线圈各绕组间的引线接头处。这是由于吸盘密封不好,切削液流入,引起绝缘损坏,造成线圈短路。若短路严重,过大的电流会使整流元器件和整流变压器烧坏。出现这种故障,必须更换电磁吸盘线圈,并且要处理好线圈绝缘,安装时要完全密封好。

若电磁吸盘电源电压不正常,一般是因为整流元器件短路或断路造成的。应检查整流器 VC 的交流侧电压及直流侧电压。若交流侧电压正常,直流输出电压不正常,则表明整流器发生元件短路或断路故障。如某一桥臂的整流二极管发生断路,将使整流输出电压降低到额定电压的一半;若两个相邻的二极管都断路,则输出电压为零。

排除此类故障时,可用万用表测量整流器的输出及输入电压,判断出故障部位,查出故障元件,进行更换或修理即可。

4. 电磁吸盘退磁不好,工件取下困难

(1) 退磁电路断路,甚至根本没有退磁

1) 检查转换开关 QS2 接触是否良好,接触不良应更换 QS2。

2) 退磁电阻 R2 是否损坏,R2 损坏应更换。

(2) 退磁电压过高

应调整电阻 R2,将退磁电压调至 5 ~ 10V。

(3) 退磁时间太长或太短

对于不同材质的工件,所需的退磁时间不同,注意掌握好退磁时间。

5. 砂轮电动机的热继电器 FR1 经常脱扣

1) 砂轮电动机 M1 的前轴承是轴瓦,易磨损。磨损后易发生堵转现象,使电流增大,导致热继电器脱扣。若是这种情况,应修理或更换轴瓦。

2) 砂轮进刀量太大,电动机超负荷运行,造成电动机堵转,电流急剧上升,热继电器脱扣。因此,工作中应选择合适的进刀量,防止电动机超载。

3) 更换后的热继电器规格选得太小或整定电流没有重新调整,将使电动机未达到额定负载时,热继电器就已脱扣。因此,应注意热继电器必须按其被保护电动机的定电流进行选择 and 调整。

6. 冷却泵电动机烧坏

1) 切削液进入电动机内,造成匝间或绕组间短路,使电流增大。

2) 修理冷却泵电动机后, 使电动机端盖轴隙增大, 造成转子在定子内不同心, 工作时电流增大, 电动机长时间过载运行。

3) 冷却泵被杂物塞住引起电动机堵转, 电流急剧上升。由于该磨床的砂轮电动机与冷却泵电动机共一个热继电器 FR1, 而且两者容量相差太大, 当发生以上故障时, 电流增大不足以使热继电器 FR1 脱扣, 从而造成冷却泵电动机烧坏。若给冷却泵电动机加装热继电器, 就可以避免发生这种故障。

7. 照明灯不亮

- 1) 照明灯已损坏, 应更换新的。
- 2) 照明灯开关 SA 未按下或已损坏, 应按下开关 SA 或更换新的开关。
- 3) 变压器 T2 绕组已损坏, 应更换新的变压器。



指点迷津

电器装置检修的质量标准如下:

- 1) 外观整洁, 无破损和碳化现象。
- 2) 所有触头均应完整、光洁, 接触良好。
- 3) 压力弹簧和反作用力弹簧应具有足够的弹力。
- 4) 操纵、复位机构都必须灵活可靠。
- 5) 各种衔铁运动灵活, 无卡阻现象。
- 6) 整定数值大小应符合电路使用要求。
- 7) 灭弧罩完整、清洁, 安装牢固。
- 8) 指示装置能正常发出信号。

8.4 混凝土搅拌机的维护与检修

8.4.1 混凝土搅拌机维护与保养

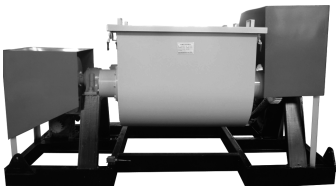
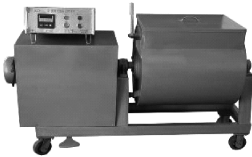
1. 常用混凝土搅拌机介绍

混凝土搅拌机是把水泥、砂石骨料和水混合并拌制成混凝土混合料的机械, 在建筑工地中的应用比较广泛。常见的有双轴卧式搅拌机、圆筒搅拌机、强制搅拌机、单卧搅拌机、轮碾式搅拌机、星星轮碾式搅拌机和立式混凝土搅拌机。根据它们各自的性能和规格的不同, 工作的适用范围也有所不同, 见表 8-14。

2. 混凝土搅拌机的维护

- 1) 保养机体的清洁, 清除机体上的污物和障碍物。
- 2) 检查各润滑处的油料及电路和控制设备, 并按要求加注润滑油。
- 3) 每班工作前, 在搅拌筒内加水空转 1 ~ 2min, 同时检查离合器和制动装置工作的可靠性。

表 8-14 常见混凝土搅拌机的适用范围

类 型	适 用 范 围	图 示
双轴卧式搅拌机	可搅拌干硬性、塑性、流动性、轻骨料等混凝土以及各种砂浆。适用于各类中、小型预制构件厂及各类建筑工地、道路、桥梁、机场、隧道等工程	
圆筒搅拌机	属于自落式反转出料搅拌机，搅拌由齿圈转动，工作时正转搅拌、反转出料。可搅拌塑性和半干硬性混凝土，适用于一般建筑工地、桥梁工程及各种混凝土构件厂	
轮碾式搅拌机	用于建筑工地，将物料进行碾压搅拌进行混合	
单卧搅拌机	是一种多功能新型混凝土搅拌机，适用于各类使用现场，安装和转移方便	
强制搅拌机	俗称平口搅拌机，可以搅拌涂料、水泥沙子、腻子粉，适用于一般建筑工地，民房建筑用	
斗式提升搅拌机	搅拌筒正转为搅拌，反转为出料，是比较先进的混凝土搅拌机。适用于一般中小型建筑工程、道路、桥梁、水利工程	

4) 混凝土搅拌机运转过程中，应随时监听电动机、减速器、传动齿轮的噪声是否正常，检测温升是否过高。

5) 每班工作结束后，应认真清洗混凝土搅拌机。

3. 混凝土搅拌机的保养

(1) 一级保养

混凝土搅拌机一般工作 100h 以后应进行一级保养。

1) 在搅拌机在一级保养中,除包括日常保养的工作内容外,应拆检离合器,检查和调整制动间隙,如离合器内、外制动带磨损过大应更换。此外,还需检查钢丝绳、V 带滑动轴承、配水系统和行走轮等。

2) 强制式混凝土搅拌机在一级保养中,还需检查调整搅拌叶片和刮板与衬板之间的间隙,上料斗和卸料门的密闭及灵活情况,离合器的磨损程度一级配水系统算法正常。

3) 采用链传动的混凝土搅拌机需检查链条节距的伸长情况。

(2) 二级保养

混凝土搅拌机的二级保养周期一般 700 ~ 1500h。在二级保养中,除进行一级保养的工作外,还需拆检减速器、电动机和开式齿轮等。此外,还需检查机架以及出料的操纵机构,清洗行走轮和转向机构等。

1) 拆检减速器时,需清洗齿轮、轴及油道,检查齿廓表面的磨损程度。拆检完毕,加注新的齿轮油。

2) 拆检电动机时,应清除定子绕组上的灰尘,清洗轴承并加注新的润滑油脂,检查并调整定子和转子之间的间隙。

3) 拆检开式齿轮时,需清洗齿轮齿廓,轴和轴承,检查磨损情况,磨损过度时应予以更换。

4) 上料离合器内外制动带,如磨损过度应及时更换。

5) 混凝土搅拌机的机架发生歪斜变形时,应予修复或校正。

6) 拆检量水器时,摆正套管位置,清除吸水管和套管周围以及内杠杆上的锈迹并刷上防锈漆。拆检三通阀时,应清除阀腔和管道接口附近的锈迹和水垢,使水路保持畅通。

7) 对特有的机构,如橡胶托轮、行程开关、水表、电磁阀等,可根据情况定期检查调整和清洗。

8.4.2 混凝土搅拌机电气故障的检修

如图 8-8 所示为某建筑混凝土搅拌机控制电路。搅拌机电动机 M1 采用正、反转电路进行控制。料斗电动机 M2 上并联一个电磁铁线圈 1YA,用此来进行制动。运行时 M2 通电运转,电磁铁也同时得电吸合,制动 M2 电动机轴上的制动闸瓦松开,使电动机运转;在停止时由于电动机断电,从而使电磁铁线圈 1YA 也断电,在弹簧的作用下,制动电动机 M2 使它立即停转。

为防止电源短路,正、反转接触器间设有互锁保护。

图中,SQ1 和 SQ2 为限位开关,当上、下运料达到极限时,料斗运转升降触及限位开关后,能分别控制相应回路交流接触器线圈断电释放,从而使电动机停止运行。S 是加水控制电磁阀开关。HL1、HL2 为 M1、M2 电动机过载指示灯。

其常见故障及排除方法见表 8-15。

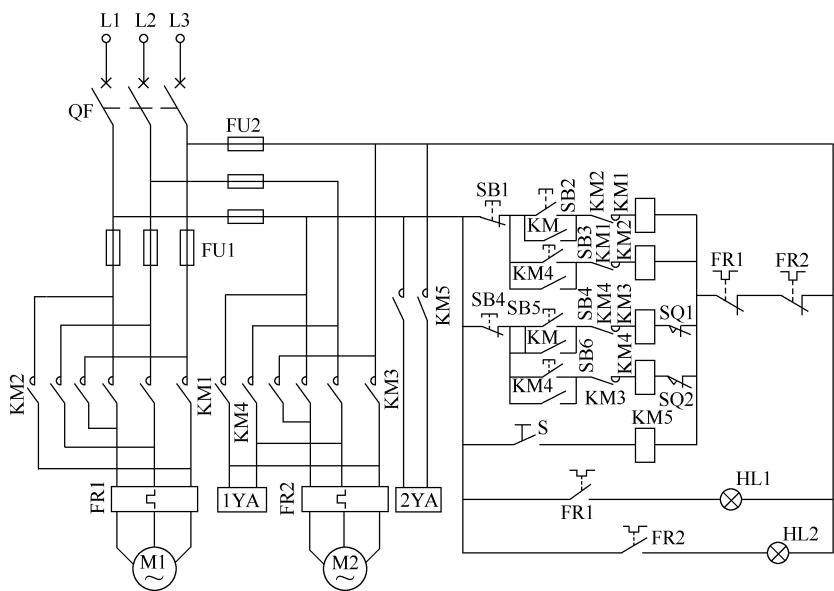


图 8-8 某混凝土搅拌机控制电路

表 8-15 混凝土搅拌机常见故障及排除方法

故障现象	原因	排除方法
按 SB2、SB3 无反应（此时按 SB5、SB6、S 均正常）	此故障一般是停止按钮 SB1 损坏	更换按钮 SB1
熔断器 FU1 熔断	（1）电动机 M1 有故障 （2）熔断器 FU1 下端有短路存在	（1）修理电动机 M1 （2）排除 FU1 下端短路故障
M1、M2 均出现断相	（1）三相电源断相 （2）断路器 QFB 相存在断相	（1）检查并排除电源断相 （2）更换断路器 QF
电动机 M2 无制动	电磁铁 1YA 线圈烧毁	更换电磁铁线圈 1YA
合上加水开关 S，电磁阀 2YA 无反应	（1）开关 S 损坏 （2）电磁阀线圈断路	（1）更换开关 S （2）更换电磁阀线圈
过载指示灯 HL1 亮	电动机 M1 过载	检查并排除过载故障
按 SB5，电动机 M2 工作正常，但无限位保护	限位开关 SQ1 损坏断不开	更换限位开关 SQ1
过载指示灯 HL2 亮	电动机 M2 过载	检查并排除过载故障
加水控制电路工作正常，但按 SB2、SB3、SB5、SB6 均无反应	最大可能是热继电器 FR1、FR2 常闭触头接触不良或断路	更换热继电器 FR1、FR2

(续)

故障现象	原因	排除方法
电动机 M2 正运转正常，但反转缺相	交流接触器 KM4 三相主触头有一相断路	更换 KM4 主触头
电动机 M1 反转工作正常，正转为点动	正转交流接触器 KM1 自锁触头损坏或连线脱落	更换 KM1 自锁触头并检查连线是否脱落
按 SB2 无反应（其他电路工作正常）	(1) 互锁触头 KM2 损坏 (2) 线圈 KM1 断路 (3) 按钮 SB2 损坏	(1) 更换互锁触头 KM2 (2) 更换线圈 KM1 (3) 更换 SB2

8.5 电动葫芦的维护与检修

8.5.1 电动葫芦的调试与维护

1. 电动葫芦介绍

电动葫芦简称电葫芦，是一种轻小型起重设备。多数电动葫芦由人使用按钮在地面跟随操纵，也可在驾驶室内操纵或远距离控制。

小车式葫芦可安装在多种形式的起重机上或悬挂在工字钢梁上，直线或曲线往复吊运重物，固定式葫芦可安装在固定支撑上作垂直的或不同角度的卷扬起吊用。

电动葫芦主要有环链电动葫芦、钢丝绳电动葫芦（防爆电动葫芦）、微型电动葫芦、卷扬机、多功能提升机。

电动葫芦的外形结构如图 8-9 所示。它由提升机构和移动装置两部分组成。

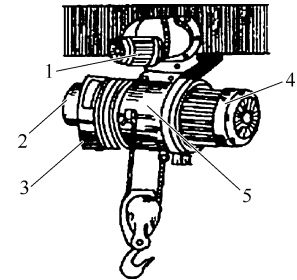


图 8-9 电动葫芦的外形结构

1—移动电动机 2—电磁制动器
3—减速箱 4—电动机 5—钢丝绳卷筒

2. 电动葫芦的调试

1) 电动葫芦安装时可以用调整垫圈进行调整，保证轮缘与轨道翼缘间的间隙为 3 ~ 5mm。

2) 为保证电动葫芦行至两端不脱轨或防止碰坏机体，应在轨道两端设置弹性缓冲器。

3) 电动机主轴窜动量的调整。

锥形转子的电动机主轴轴向窜动量一般在 1.5mm 时，制动效果最佳，如果电动葫芦在额定载荷时下滑量过大，需进行调整。调整方法如下：

1) 5t 及其以下葫芦电动机的调整：取下尾罩，旋转固定调整螺母的 4 支螺钉，用扳手按顺时针方向将调整螺母旋至极限位置，再逆时针旋一圈，然后装上紧固螺钉即可。

2) 10t、16t 葫芦电动机的调整方法与葫芦电动机的调整方法相同，只是调整螺母旋

转方向相反，即顺时针旋转增大窜动量，逆时针旋转减少窜动量。

3. 电动葫芦的维护

(1) 日常维护

1) 严格执行巡回检查制度，每班检查升降行走开关、钢丝绳、吊钩、制动器等，发现故障及时处理。

2) 保持设备整洁，保持设备润滑良好。

3) 电动葫芦停止工作时，严禁将重物悬在空中。

(2) 定期检查

对电动葫芦的检查每月不少于一次，发现故障应及时采取措施解决。检查内容如下：

1) 吊钩、钢丝绳有无磨损和腐蚀。

2) 制动器和限位器是否灵敏可靠。

3) 减速箱有无异响、过热等异常现象，润滑油位是否正常。

4) 各连接螺栓有无松动。

5) 钢丝绳尾端压板是否松动。

6) 接地线及轨道安全挡是否完好。

8.5.2 电动葫芦电气故障的检修

1. 电气控制原理介绍

电动葫芦的电气控制原理图如图 8-10 所示，由主电路和控制电路两部分组成。

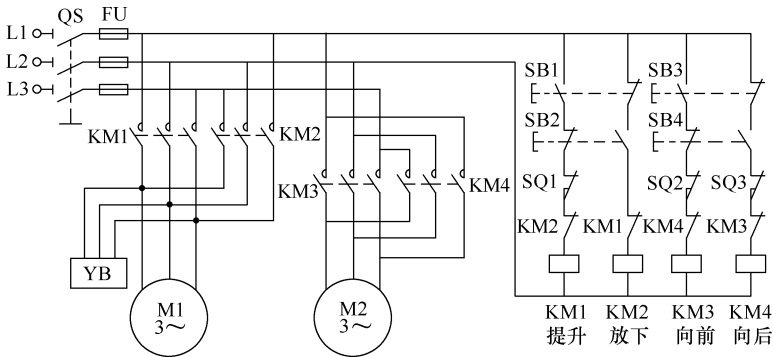


图 8-10 电动葫芦的电气控制原理图

(1) 主电路

主电路有两台电动机 M1、M2。其中 M1 是提升电动机，用接触器 KM1、KM2 控制它的正、反转，用于提起和放下重物；M2 是移动电动机，用 KM3、KM4 控制它的正、反转，用于使电动葫芦前后移动。

YB 是三相断电型电磁制动器，由制动电磁铁和闸瓦制动器两部分组成。当制动电磁铁线圈通电后，它的闸瓦与闸轮分开，电动机可以转动；当制动电磁铁线圈断电后，在弹簧的作用下，使闸瓦与闸轮压紧，实现电动葫芦的停车制动。

熔断器 FU 用于整个电路的短路保护。

(2) 控制电路

SB1 是电动葫芦提升重物的点动控制按钮, SB2 是电动葫芦放下重物的点动控制按钮, SB3 是电动葫芦向前移动的点动控制按钮, SB4 是电动葫芦向后移动的点动控制按钮。

SQ1 ~ SQ3 为限位行程开关, 当电动葫芦提升物体上升到极限位置时, 行程开关 SQ1 被压下; 电动葫芦前后移动到极限位置时, 对应的行程开关 SQ2 或 SQ3 被压下, 用于电动葫芦的安全保护。

工作时, 合上电源开关 QS, 按下按钮 SB1, 接触器 KM1 的得电通路为: L1→QS→FU→SB1 动合触头 (已闭合)→SB2 动断触头→SQ1 动断触头→KM2 动断触头→KM1 线圈→FU→QS→L2, 电动机 M1 正转, 提起重物; 松开按钮 SB1, 由于没有采用自锁措施, 接触器 KM1 失电, M1 制动停车, 停止提升; 如果按下按钮 SB2, 则接触器 KM2 得电, 电动机 M1 反转, 物体被放下, 松开按钮 SB2, KM1 失电, M1 制动停车, 物体停止向下运动。

如果在提升物体过程中, 物体被提至极限位置而没有及时松开按钮 SB1 时, 行程开关 SQ1 被压下, SQ1 动断触头断开, KM1 失电, 物体不再被提升, 实现了电动葫芦的上限保护。

如果要使电动葫芦前后移动, 则按下按钮 SB3 或 SB4, 接触器 KM3 或 KM4 得电, 便可以实现电动葫芦的前后移动。SQ2 和 SQ3 为电动葫芦前后移动的限位行程开关。

SB1 ~ SB4 为复合按钮, 与接触器 KM1 ~ KM4 的动断触头共同构成控制电路的机械-电气联锁, 用以防止接触器 KM1 和 KM2、KM3 和 KM4 同时通电, 从而避免主电路短路事故的发生。

2. 电动葫芦不工作故障的检修

按下启动开关后电动葫芦不工作, 主要是因为电动葫芦没接通额定工作电压, 而导致无法工作, 一般有以下 3 种情况:

1) 不通电。供电系统是否对电动葫芦电源送电, 一般用验电笔测试, 如没送电, 等送电后再工作。

2) 电源缺相。电动葫芦主电路、控制电路的电器损坏、线路断开或接触不良, 也会使葫芦电动机断相无法正常工作。出现这种情况, 需检修主电路、控制电路。

3) 电压过低。电动葫芦电动机端电压比额定电压低 10% 以上, 电动机起动转矩过小, 使葫芦起吊不动货物, 而无法工作。检查时, 可以用万用表或电压表等测量电源电压和电动机输入端电压。若电源电压正常而电动机输入端电压低, 则应查找原因予以排除。

3. 不能将物体放下故障的检修

从电动葫芦的控制电路中可以看出, 提起物体操作正常, 说明提升电动机 M1 和电磁制动器 YB 的主电路工作正常, 问题应出在放下物体操作的控制线路部分。从主电路中可以看出, 接触器 KM2 的主触头如果能正常断合, 则此故障便被排除, 而 KM2 的得电通路为:

L1→电源开关 QS→熔断器 FU→SB1 动断触头→SB2 动合触头 (已闭合)→KM1 动断触头→KM2 线圈→熔断器 FU→L2。

如果按下按钮 SB2 后, 接触器 KM2 得电动作, 但提升电动机 M1 不转, 说明故障点为接触器 KM2 的主触头接触不良; 如果按下 SB2, KM2 不动作, 则故障应为: 在 SB1 动断触头 ~ KM2 线圈之间的通路中有断点, 此时, 逐个检查其中的元器件, 便可找出故障。

4. 向前移动到终端位置不能自动停车的故障检修

为提高工作的安全性, 电动葫芦设置了 3 个运动方向的终端保护, 当电动葫芦移动到终端位置时, 不论是否松开按钮, 都将自动停车, 前移终端保护是由行程开关 SQ2 实现的。

当电动葫芦向前移动未到达终端位置时, SQ2 未被压下, 它的动断触头仍处在闭合状态, 不影响电动葫芦的向前移动; 当电动葫芦向前移动到终端位置时, 压下行程开关 SQ2, 其动断触头断开, 此时, 不管按钮 SB2 是否被按下, 接触器 KM3 都将失电, 实现自动停车, 限位保护。所以该故障应是行程开关 SQ2 损坏, 被压下时不能正常断开控制电路造成的。

5. 运行时出现异常响声的故障检修

电动葫芦的很多故障 (例如控制电器、电动机或减速器等出现的故障) 往往伴随着异常噪声, 这些噪声随故障原因不同而有区别, 检修时, 要多听多看, 可以利用或根据故障噪声特点, 确定发出噪声位置, 寻找并检修故障。

1) 异常噪声发生在控制回路上, 发出“哼”的噪声, 一般是接触器出现了故障 (如交流接触器触头接触不良、电压等级不符、磁芯被卡等), 应对故障接触器进行检修, 无法检修时必须更换, 处理后, 噪声自行消除。

2) 电动机发出异常噪声, 应立即停机, 检查电动机是否单相运转, 或轴承损坏、联轴器轴心不正及“扫膛”等故障, 这些都会使电动机有异常响声。

电动机单相运转时, 整个电动机发出有规律忽强忽弱的“嗡嗡”声; 轴承损坏时, 会在轴承附近, 发出伴随着“咯噔-咯噔”的“嗡嗡”声; 联轴器轴心不正或电动机轻微扫膛时, 整个电动机发出极高的“嗡嗡”声, 并不时伴随着尖锐刺耳的声音。

总之, 应根据噪声的不同, 找出故障, 进行逐项检修, 恢复电动机正常性能, 当电动机故障未处理时, 禁止使用电动葫芦。

3) 异常噪声从减速器发出, 减速器出现故障 (如减速箱或轴承缺润滑油、齿轮磨损或损坏、轴承损坏等), 这时应停机检查, 首先确定减速器的减速箱或轴承在使用前是否加了润滑油, 使用中是否定期更换润滑油, 如没有按要求润滑, 减速器不仅会产生过高的“嗡嗡”声, 还会过度磨损或损坏齿轮及轴承。

6. 电动机温升过高的故障检修

1) 检查电动葫芦是否超载使用, 超载将导致电动机发热, 长期超载将烧毁电动机。

2) 电动机未超载, 仍发热, 应检查电动机轴承是否损坏; 还应检查电动机是否按规定工作制工作, 这也是引起电动机发热的原因之一, 使用时应严格按电动机工作制工作。

3) 电动机运转时, 制动器间隙太小, 未完全脱开, 会产生很大摩擦力, 摩擦发热的同时也相当于增加了附加载荷, 使电动机转速降低, 电流变大。此时应停止工作, 重新调整制动间隙。

安全用电技术



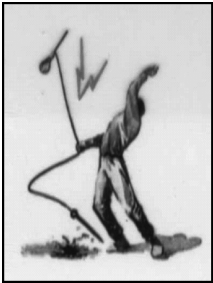
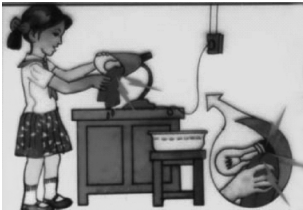
9.1 安全用电基础

9.1.1 安全用电原则及基本规定

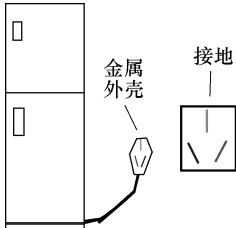
1. 安全用电基本原则

安全用电基本原则见表 9-1。

表 9-1 安全用电基本原则

序 号	基 本 原 则	图 示
1	不接触低压带电体	
2	不靠近高压带电体	
3	保持绝缘部分干燥	

(续)

序 号	基 本 原 则	图 示
4	使用金属外壳的电器一定要接地，特别是水泵、电冰箱、移动电动工具等	

2. 安全用电基本规定

电工不仅自己要注意安全用电，还有责任和义务向普通群众宣传安全用电的基本规定，见表 9-2。

表 9-2 安全用电基本规定

序 号	用 电 常 识
1	不能私拉私接电线，不能在电线上或其他电器设备上悬挂衣物和杂物，不能私自加装使用大功率或不符合国家安全标准的电器设备，如有需要，应向有关部门提出申请，由专业电工进行安装
2	不能私拆灯具、开关、插座等电器设备，不要使用灯具烘烤衣物或挪作其他用途；当漏电保护器（俗称漏电开关）出现跳闸现象时，不能私自重新合闸，应请专业人员检查及维修电器、电闸及插座
3	在浴室或湿度较大的地方使用电器设备（如电吹风），应确保室内通风良好，避免因电器的绝缘变差而发生触电事故
4	确保电器设备良好散热（如电视机、电热开水器、计算机、音响等），不能在其周围堆放易燃易爆物品及杂物，防止因散热不良而损坏设备或引起火灾
5	带有机传动的设备，必须装设护盖、防护罩或防护栅栏进行保护才能使用，不能将手或身体进入运行中的设备机械传动位置；对设备进行清洁时，须确保切断电源、机械停止工作并确保安全的情况下才能进行，防止发生人身伤亡事故
6	湿手或赤脚不要接触开关、插座、插头和各种电源接口，不要用湿布抹照明用具和电器设备
7	移动电器设备时，必须切断电源
8	发现电器设备冒烟或闻到异味（焦味）时，要迅速切断电源，通知电工检查和维修，避免扩大故障范围和发生触电事故
9	发现电线破损要及时更换或用电工绝缘胶布扎好，严禁用普通医用胶布或其他胶带包缠
10	电气设备的安装、维修应由持证电工负责
11	操作者应熟悉设备的总闸的位置和所操作设备的性能
12	操作者在电工维修设备时，不能擅自离开，要进行监护，等待维修完毕后的试车
13	熟悉自己生产现场或宿舍主断路器（俗称总闸）的位置（如车间、施工现场、办公室、宿舍等），一旦发生火灾、触电或其他电气事故时，要在第一时间切断电源，避免造成更大的财产损失和人身伤亡事故

(续)

序 号	用 电 常 识
14	未经有关部门的许可不得擅自进入电房或电气施工现场
15	对规定使用接地的用电器具金属外壳做好接地保护或加装漏电保护器，不要忘记用三线插座、插头和安装接地线
16	珍惜电力资源，养成安全用电和节约用电的良好习惯，当要长时间离开或不使用时，要切断电源（特别是电热器具）

9.1.2 安全用电的组织措施

保证安全用电的组织措施具体是指工作票制度，工作许可制度，工作监护制度，工作间断、转移和终结制度。

1. 工作票制度

工作票是准许在电气设备上工作的书面命令，也是执行保证安全技术措施的书面依据。《国家电网公司电力安全工作规程》中规定：在电气设备上的工作，应填用工作票或事故应急抢修单。工作班组在作业前要整齐列队，清点人数，由工作负责人宣读工作票；严肃、认真、详细地交代工作任务、安全措施及注意事项，如图9-1所示。



图 9-1 宣读工作票

工作票填写的内容包括：工作票编号、工作负责人、工作班成员、工作地点和工作内容，计划工作时间、工作终结时间，停电范围、安全措施，工作许可人、工作票签发人、工作票审批人、送电后评语等。

工作票可分为第一种工作票和第二种工作票两大类，见表9-3。

表 9-3 电工作业工作票

工 作 票	适 用 范 围
第一种工作票	(1) 高压设备上工作需要全部停电或部分停电 (2) 高压室内的二次接线和照明等回线上的工作，需要将高压设备停电或做安全措施
第二种工作票	(1) 带电作业和在带电设备外壳上的工作 (2) 控制屏的低压配电屏、配电箱、电源干线上的工作 (3) 在二次回路上工作，未将高压设备停电 (4) 在转动中的发电机，同期调相机的励磁回路或高压电动机转子电阻回路上的工作 (5) 非当班值班人员用绝缘棒和电压互感器定相或用钳型电流表测量高压回路的电流

工作票签发人应由熟悉现场电气系统设备情况、熟悉安全规程并具备相应技术水平的人员担任。工作票签发人必须对工作人员的安全负责，应在工作票中填明拉开开关、装设临时接地线及其他所有应采取的安全措施等。

办理工作票的基本流程如图 9-2 所示。

2. 工作许可制度

工作许可制度是确保电气检修作业安全所采取的一种重要措施。履行工作许可手续的目的是为了在完成安全措施以后，进一步加强工作责任感。确保万无一失所采取的一种必不可少的“把关”措施。因此，必须在完成各项安全措施之后再履行工作许可手续。

工作许可人在接到检修工作负责人交来的工作票后，应审查工作票所列安全措施是否正确完善，然后应按工作票上所列要求，采取施工现场的安全技术措施，并会同工作负责人再次检查必要的接地、短路和标示牌是否装设齐备，最后才许可工作小组开始工作。

3. 工作监护制度

执行工作监护制度的目的是防止工作人员违反安全规程，及时纠正不安全动作和其他错误做法，使工作人员在整个工作过程中得到监护人的指导和监督。

工作监护制度的主要内容及要求见表 9-4。

表 9-4 工作监护制度的主要内容及要求

序 号	内容及要求
1	部分停电时，监护所有工作人员的活动范围，使其与带电部分保持规定的安全距离
2	带电作业时，监护所有工作人员的活动范围，使其与不同相的带电设备保持安全距离
3	监护所有工作人员工具使用是否正确，工作位置是否安全，操作方法是否恰当，是否正确穿戴个人防护用品
4	监护所有工作人员为保证电气的安全正常运行而采取的技术措施是否符合规范要求；监护工作人员在作业中为保证安全而设置的安全设施是否有效可靠

4. 工作间断、转移和终结制度

坚持工作间断、转移和终结制度可以有效地提高工作效率，减少施工隐患，明确工作职责，保证安全生产。

工作间断、转移和终结制度的主要内容及要求见表 9-5。

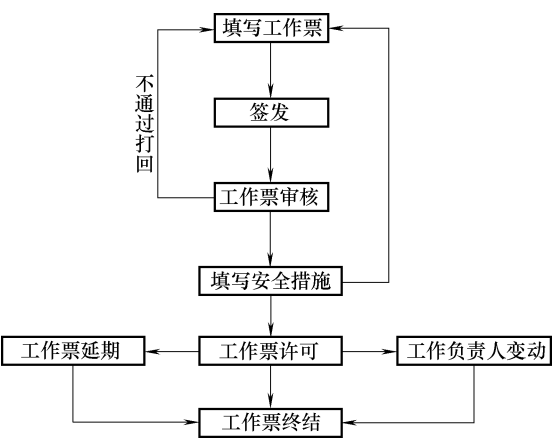


图 9-2 办理工作票的基本流程

表 9-5 工作间断、转移和终结制度的主要内容及要求

序 号	内容及要求
1	工作间断时，所有的安全措施应保持原状。当天的工作间断后又继续工作时，无需再经许可
2	在同一电气连接部分用同一张工作票依次在几个工作地点转移工作时，全部安全措施由值班员在开工前一次做完，不需再办理转移手续
3	全部工作完成后，工作人员应清理现场，并向值班人员讲清所修项目、发现问题、试验结果和存在问题等，然后在工作票上填上工作终结时间，经双方签名后，工作票方告终结

9.1.3 安全用电的技术措施

安全用电技术措施主要有绝缘措施、屏蔽措施、设置障碍物、漏电保护、间距措施等，具体要求见表 9-6。

表 9-6 安全用电的技术措施

措 施 类 型	具 体 要 求
绝缘措施	保证带电体之间，或者带电体对人或对地之间的有效绝缘，一般采用固体绝缘 瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、胶木、塑料、布、纸和矿物油等都是常用的绝缘材料。应当注意，很多绝缘材料受潮后会丧失绝缘性能或在强电场作用下会遭到破坏，丧失绝缘性能
加强绝缘	采用双重绝缘或另加总体绝缘，即保护绝缘体以防止绝缘体损坏后的触电
屏护措施	当电气设备不便于绝缘或绝缘不足以保证安全时，应采取屏护措施，常用的屏护装置有遮栏、护罩和护盖 电器开关的可动部分一般不能使用绝缘，而需要屏护。高压设备不论是否有绝缘，均应采取屏护
设置障碍物	设置障碍物可以防止无意触及或接近带电体，但不能防止绕过障碍物而触及带电体
间距措施	就是保证必要的安全距离。间距除用于防止触及或过分接近带电体外，还能起到防止火灾、防止混线、方便操作的作用。在低压工作中，最小检修距离不应小于 0.1m
漏电保护	为了保证在故障情况下人身和设备的安全，应尽量装设剩余电流保护器。它可以在设备及线路漏电时通过保护装置的检测机构转换取得异常信号，经中间机构转换和传递，然后促使执行机构动作，自动切断电源，起到保护作用 漏电保护装置只能作为附加保护，不能单独使用，漏电保护的動作電流應整定在 30mA 以下

 指点迷津

尽管各种电气设备均采取了防止触电的相应的技术措施，我们在日常工作中还
必须注意以下事项：

1) 不得随便乱动或私自修理车间内的电气设备。

2) 经常接触和使用的配电箱、配电板、刀开关、按钮开关、插座、插头以及
导线等，必须保持完好，不得有破损或将带电部分裸露。

- 3) 不得用铜丝等代替熔丝，并保持刀开关、磁力开关等盖面完整，以防短路时发生电弧或熔丝熔断飞溅伤人。
- 4) 经常检查电气设备的保护接地、接零装置，保证连接牢固。
- 5) 在移动电风扇、照明灯、电焊机等电气设备时，必须先切断电源，并保护好导线，以免磨损或拉断。
- 6) 在使用手电钻、电砂轮等手持电动工具时，必须安装漏电保护器，工具外壳要进行防护性接地或接零，并要防止移动工具时，导线被拉断，操作时应戴好绝缘手套并站在绝缘板上。

9.1.4 电工作业安全的技术措施

在《电业安全工作规程》中关于保证安全的技术措施有：停电、验电、装设接地线、悬挂标示牌并装设遮栏。

1. 停电

停电包括停电原因、停电方式、停电范围和要求，这就要求变电值班人员严格遵守调度规程，认真把好接令关，切实做好变电操作票的填写、审核，严格执行倒闸操作规定，努力做到操作动作规范、监护到位和操作质量达到标准要求，停电操作一般要求两人进行，如图 9-3 所示。

在工作地点周围，应停电的设备见表 9-7。

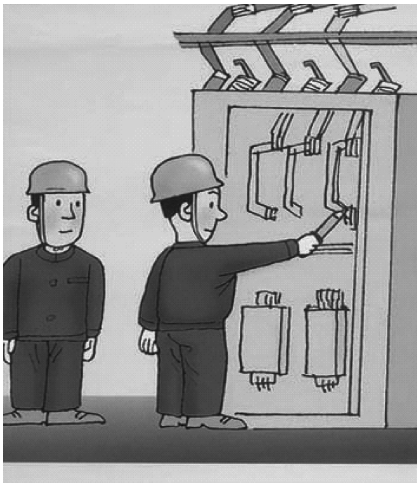


图 9-3 停电操作

表 9-7 作业时应停电的设备

序 号	停 电 设 备
1	检修的设备
2	与工作人员在进行工作中正常活动范围的距离小 0.35m 的设备
3	带电部分在工作人员后面、两侧、上下，且无可靠安全措施的设备
4	其他需要停电的设备

2. 验电

验电包括验电器的选用、验电方法、验电位置和对操作人员的要求等。要求操作人员在进行验电操作时，严格按照规定进行。

验电时，应使用相应电压等级、合格的接触式验电器，在装设接地线或合接地刀开关（装置）处对各相分别验电。必须按照正确的验电方法进行验电（在低压设备及线路上验电则使用验电笔）。

验电应两人进行，高压验电应戴绝缘手套，如图 9-4 所示。

3. 挂接地线

挂接地线是一项重要的电气作业安全技术措施。挂接地线包括接地线的选用和检查、接地方法和什么情况下需要装设接地线等问题。

挂接地线应由两人进行（经批准可以单人装设接地线的项目及运行人员除外）。当验明设备确已无电压后，应立即将检修设备接地并三相短路，如图 9-5 所示。

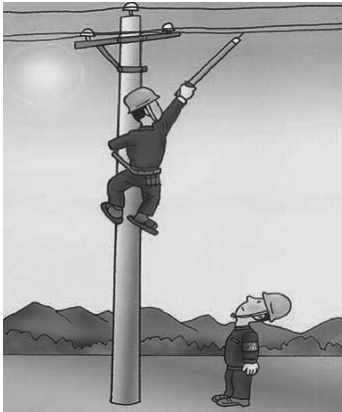


图 9-4 在高压线路上验电



图 9-5 挂接地线

4. 悬挂标示牌及装设遮栏

悬挂标示牌及装设遮栏包括了标示牌的选用及选定悬挂位置、针对不同的停电范围和工作实际要求规范装设遮栏等。

例如，在室内高压设备上工作，应在工作地点两旁及对面运行设备间隔的遮栏（围栏）上和禁止通行的过道遮栏（围栏）上悬挂“止步，高压危险！”的标示牌；在工作地点悬挂“在此工作”标示牌，如图 9-6 所示。

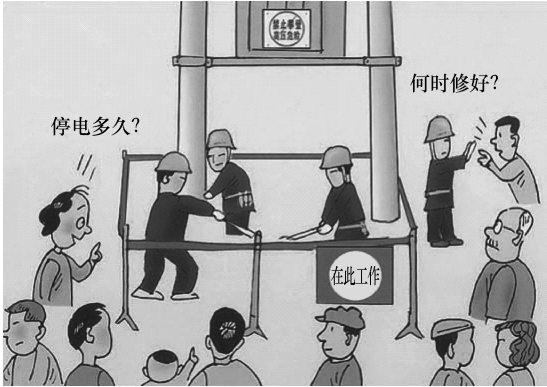


图 9-6 悬挂标识牌和装设遮栏

又如，在一经合闸即可送电到工作地点的断路器（开关）和隔离开关（刀开关）的

操作把手上，均应悬挂“禁止合闸，有人工作！”的标示牌，如图9-7所示。如果线路上有人工作，应在线路断路器（开关）和隔离开关（刀开关）操作把手上悬挂“禁止合闸，线路有人工作！”的标示牌。

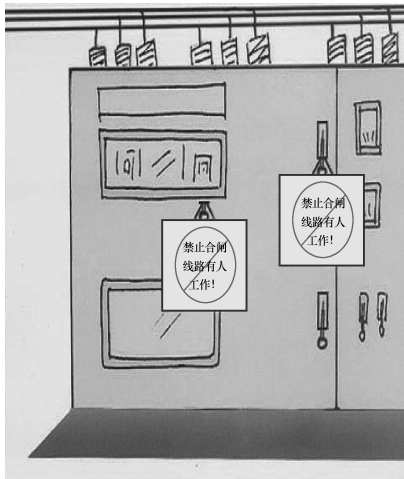


图 9-7 悬挂标识牌



指点迷津

“停电→验电→放电→接地→挂牌（根据实际情况确定是否装设遮拦）→检修”的程序，在实际工作时一定要按照步骤进行，禁忌跳项（漏项）、倒项。这是因为，不停电，验电失去意义；不验电，装设接地线就有可能导致恶性误操作，结果是发生人身伤亡、设备损坏和电网破坏等事故；如果未停电或未验电，接地就悬挂标示牌和装设遮栏，会给工作人员包括操作人员造成假象、产生错觉，最终导致误操作、误攀登，危及人员和设备的安全；标示牌悬挂不满足规定，遮栏装设不规范，就会导致工作人员超工作范围工作，造成工作人员误碰、误登带电设备。

口诀

停电验电挂地线，操作程序要记清。
先断开关后拉闸，送电反序操作它。
设备线路要检修，技术措施开先路，
检修线路要停电，断电还要把电验。
人体周边有线路，先验近处后验远。
开关器件验两侧，杆上验电先下边。
确无电压装地线，地线应该挂两端。
防止误合闸来电，挂出标牌保安全。

9.2 触电与急救

9.2.1 电流对人体的伤害

电流可能对人体构成多种伤害。例如，电流通过人体，人体直接接受电流能量将遭到电击；电能转换为热能作用于人体，将使人体受到烧伤或灼伤，见表 9-8。

表 9-8 电流对人体的伤害

类 型	伤 害 情 况	特 征
电 击	电流通过人体，机体组织受到刺激，肌肉不由自主地发生痉挛性收缩。严重的电击是指人的心脏、肺部神经系统的正常工作受到破坏，乃至危及生命的伤害，数十毫安的工频电流即可使人遭到致命的电击	电击致伤的部位主要在人体内部，而在人体外部不会留下明显痕迹。50mA（有效值）以上的工频交流电流通过人体，一般既可能引起心室颤动或心脏停止跳动，也可能导致呼吸中止，还可能导致严重烧伤甚至死亡
电 伤	由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体造成的伤害，造成电伤的电流都比较大 电伤包括电烧伤、电烙印、皮肤金属化、机械损伤、电光眼等多种伤害	电伤会在机体表面留下明显的伤痕，但其伤害作用可能深入体内

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险就越大。对于工频交流电，按照通过人体的电流大小不同，人体呈现不同的状态，可将电流划分为感知电流、摆脱电流和致命电流，见表 9-9。

表 9-9 通过人体电流大小与人体伤害程度的关系（单位：mA）

名 称	概 念	类型	对成年男性	对成年女性
感知电流	引起人感觉的最小电流。此时，人的感觉是轻微麻抖和刺痛	工频	1.1	0.7
		直流	5.2	3.5
摆脱电流	人触电后能自主摆脱电源的最大电流。此时，有发热、刺痛的感觉增强。电流大到一定程度，触电者将因肌肉收缩，发生痉挛而紧抓带电体，不能自行摆脱	工频	16	10.5
		直流	76	51
致命电流	在较短时间内危及生命的电流	工频	30 ~ 50	
		直流	1300 (0.3s)、50 (3s)	

触电时，通过心脏、肺和中枢神经系统的电流越大，其后果也就越严重。不同路径通过心脏电流的百分数见表 9-10。

表 9-10 不同路径通过心脏电流的百分数

电 流 路 径	左手→双脚	右手→双脚	右手→左手	左脚→右脚
百分数/%	6.7	3.7	3.3	0.4

从表 9-10 可以看出,通过人体的电流路径不同时,对人体的伤害情况也不同。如要是人站在地上左手单手触电,电流就经过身躯的心→肺→左脚→地,这是最危险的途径。如果是双手同时触电,电流路径是由一只手到另一只手,中间要通过心肺,这也是很危险的。如果是一只脚触电,电流路径是由这只脚流入,另一只脚流出,危险性同样有,但对人体的伤害,要比以上两种路径轻一些。

电流对人体的伤害,还与持续时间的长短有关。

电流通过人体时,人还容易因剧烈痉挛而摔倒,导致电流通过全身并造成摔伤、坠落等二次伤害,如图 9-8 所示。

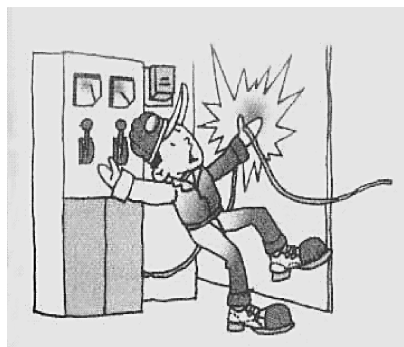


图 9-8 电流通过人体后容易造成二次事故



指点迷津

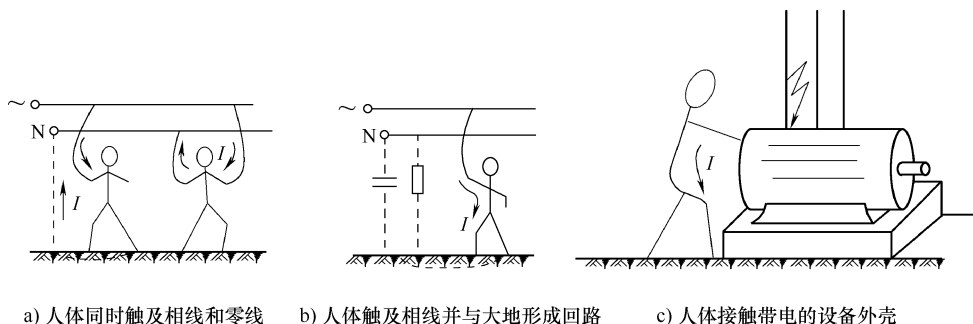
由于人个体的电阻和耐受力等多种原因,每个人会对同样大小的电流感受和反映不同。在实际工作中,一般安全技术规定流经人体的安全电流为:50Hz 的交流电为 10mA,直流电为 50mA。

9.2.2 触电类型

根据电流通过人体的路径和触及带电体的方式,触电类型主要有单相触电、两相触电和跨步电压触电等。其次还有接触电压触电、感应电压触电和剩余电荷触电等。

1. 单相触电

单相触电是指在地面上或其他接地导体上,人体某一部位触及一相带电体的触电事故,如图 9-9 所示。日常生活中,单相触电最为常见。



a) 人体同时触及相线和零线

b) 人体触及相线并与大地形成回路

c) 人体接触带电的设备外壳

图 9-9 单相触电

2. 两相触电

两相触电是指人体至少有两处同时触及两相带电体而发生的触电事故。发生两相触电时，不同的相线与相线之间以人体作为负载形成回路电流，危险性比较大，如图 9-10 所示。此时，流过人体的电流大小取决于电流路径和供电电网的电压。

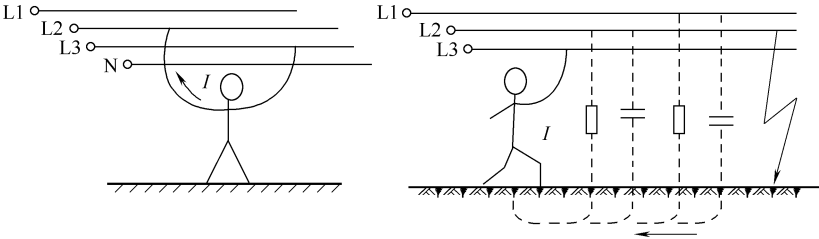


图 9-10 两相触电

3. 跨步电压触电

当电网或电气设备发生接地故障时，流入地中的电流在土壤中形成电位，地表面也形成以接地点为圆心的径向电位差分布。如果人行走时前后两脚间（一般按 0.8m 计算）电位差达到危险电压会造成触电，称为跨步电压触电，如图 9-11 所示。

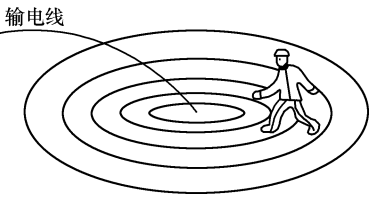


图 9-11 跨步电压触电

当发觉有跨步电压威胁时，人应赶快把双脚并在一起，或尽快用一条腿或两条腿跳着离开危险区 20m 以外。

无论哪种类型触电，都非常危险，都有可能对人体造成不同程度的伤害，甚至危及人的性命。

触电类型要记牢

安全用电很重要，触电类型要记牢。
单相两相和跨步，安全距离保平安。
静电以及感应电，及时消除有必要。
不懂千万别乱摸，练就技能事故防。

9.2.3 触电急救常识

1. 触电急救原则

下面我们先看一个实例。

某地由于电压不稳，导致许多家庭的熔丝烧断。人们纷纷检修家中的电路。几乎在同时，王家、张家有人触电倒地。王家请来一辆面包车，将触电者直送医院。20min 后，尽管医生想尽了办法，人还是未能抢救过来，医生说来得太迟了，失去了最佳抢救时机。张

家的那位触电者，在被人抬往医院的途中，遇到一位电工，电工命令进行就地抢救，2min后，伤员心跳恢复了，又过了2min，伤员恢复了呼吸。此时，这位电工才让人将伤员抬往医院，两天后，伤员痊愈出院，没有留下任何后遗症。

可见，生命不仅掌握在医生的手中，有时同样掌握在我们每个人的手中。人们掌握了必备的触电急救知识，就可明显地提高抢救的成功率，把死亡率和伤残率降到最低限度。

作为电工，有责任学会现场急救方法，有义务抢救触电者。

触电急救应分秒必争，一经明确心跳、呼吸停止的，立即就地迅速用心肺复苏法进行抢救，并坚持不断地进行，同时及早与医疗急救中心（医疗部门）联系，争取医务人员接替救治。在医务人员未接替救治前，不应放弃现场抢救，更不能只根据没有呼吸或脉搏的表现，擅自判定伤员死亡，放弃抢救。只有医生有权做出伤员死亡的诊断。与医务人员接替时，应提醒医务人员在触电者转移到医院的过程中不得间断抢救。

现场抢救触电者的原则是“迅速、就地、准确、坚持”，其含义见表9-11。

表 9-11 触电现场抢救原则

原 则	含 义
迅速	争分夺秒使触电者脱离电源。脱离电源的方法视具体情况而定，如迅速拉开电源刀开关；用绝缘竹竿挑开断落低压电线；如遇高压线断落，要迅速用电话通知供电局停电，然后才能抢救。迅速除了设法迅速脱离电源外，还包括迅速检查症状、迅速就地抢救、迅速拨打 120 或 999 电话求救等措施
就地	触电者脱离电源后，必须在现场附近就地抢救，千万不要长途送往供电部门或医院抢救，以免耽误最佳抢救时间。触电伤员如神志清醒者，应使其就地躺平，严密观察，暂时不要使其站立或走动。触电伤员如神志不清，应就地仰面躺平，且确保气道通畅，并用 5s 时间，呼叫伤员或轻拍其肩部，以判定伤员是否丧失意识。禁止摇动伤员头部呼叫伤员。触电后又摔伤的伤员，应就地平躺，保持脊柱在伸直状态，不得弯曲；如需搬运，应使用硬木板保持平躺，使伤员身体处于平直状态，避免脊椎受伤 需要抢救的伤员，应立即就地坚持正确抢救，并设法联系医疗部门接替救治
准确	采用人工呼吸法和胸外按压法的动作、部位必须准确。如果不准确，要么是救生无望，要么是把触电者的胸骨压断
坚持	只要有百分之一希望就要尽百分之百努力去抢救。以前有抢救了 7h 才把触电者救活的事例

1967 年 7 月 17 日，美国佛罗里达州线路抢修时，电工被电击伤，不省人事地头朝下栽了下去，另一名电工爬上后立即开始口对口人工呼吸的抢救。随后，又有一名电工爬上，他们一起把伤者背下背到电杆一半高的地方，伤者苏醒了，被救护车运走。如图 9-12 所示，这幅充满爱的作品 1968 年获普利策新闻摄影奖，无数人被这“生命之吻”深受感动。

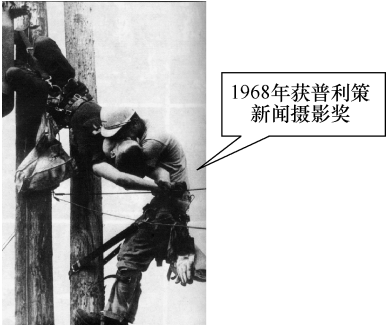


图 9-12 生命之吻

触电急救八字诀

触电昏迷有假死，不比一般生病人，
恢复呼吸和心跳，十万火急要认真。
做到忙而不慌乱，遵照急救八字行。
迅速、就地加准确，无论如何坚持住。

“迅速”离电是关键，触电时长最危险，
低压离电的方法，关掉开关挑断线。
高压电话停开关，抛挂接地短路线，
争取时间是生命，越快越好早离电。

“就地”及时来抢救，随应环境不苛求，
意志存在咱确定，轻拍肩部叫姓名。
能够答应是轻微，空气畅通需安静，
不动细观查，呼吸心跳行不行。

“正确”对症来处理，看听试来查伤情，
眼观起伏听心跳，轻纸羽毛试呼吸。
心脏不跳按压挤，呼吸没有吹吹气，
还要注意其他伤，出血骨折应分清。

“坚持”救护不歇气，急救贵在三坚持，
救到医生来接替，救到自主有呼吸，
救人就得救到底，希望渺茫也努力，
出现死亡五体征，救护工作才停止。

2. 触电急救形式

触电急救的形式有自救、互救和医务抢救 3 种，见表 9-12。

表 9-12 触电急救的形式

急救形式	急救方法
自救	当触电者清醒时，要努力让自己脱离电源，并要防止操作撞伤等二次事故
互救	对于他人触电，首先要让触电者脱离电源，具体方法如下： (1) 迅速拉闸或拔掉电源插头或切断电源线 (2) 迅速用绝缘工具，如干燥的竹、木棍等挑开触电者身上的导线或电气用具 (3) 站立在干燥的木板、衣物等绝缘物上，戴绝缘手套或裹着干燥衣物拉开导线、电气用具或触电者
医务抢救	触电者脱离电源后，必须根据情况，立即就地实行抢救。据统计，抢救及时、方法正确的，均有良好的效果；时间拖长才开始抢救的，救活比例很少

3. 切断单相电源的方法

发生 220V 单相触电事故，应迅速关闭电源开关，使触电者脱离电源。如距离电源开关或插座太远，可站在干木凳上用不导电的物体，如木棒、竹竿、塑料棒、衣服等将触电者与带电体分开，如图 9-13 所示。

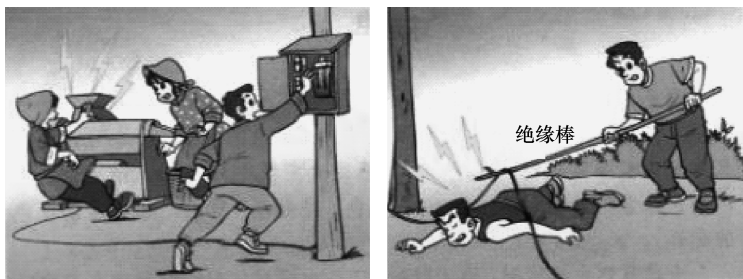


图 9-13 迅速切断电源

触电者痉挛紧握电线时，可以用干燥的带木柄的斧头或有绝缘柄的钢丝钳切断电线。

如果救护人手中握有绝缘良好的工具，也可拉着触电者的双脚将其拖离带电部分。

发现有人触电，惊慌失措，直接用手去拉触电者，用剪刀剪电线，都是错误的，因为这样做会使救人者自己触电。必须在保证救护者本身的安全的同时，首先设法使触电者迅速脱离电源，然后进行急救工作。

注意：剪断电线要分相，一根一根地剪断，并尽可能站在绝缘物体或干木板上进行。

让触电者与解脱电源，切勿用一只手进行；切勿用手触及带电者；切勿用潮湿的物件搬动触电者；切勿用潮湿的工具或金属物拨开电线。

切断单相电源法

人触电，先断源，一根一根地剪断。
情急时，杆挑线，干燥木棍或竹竿。
不得已，将人拉，戴上手套站木板。
措施当，保安全，单手拉拖最保险。
不要直接将人拽，防止被电连成串。

4. 切断高压电源方法

人体高压触电，通常有高压电弧触电和高压跨步电压触电两种形式，如图 9-14 所示。

高压触电的危险比 220V 电压的触电更危险。发现有人高压触电，其他人不但不能接触，而且还不能靠近高压电气设备或线路。对于高压触电事故，可采用下列方法让触电者快速脱离电源：

1) 立即通知有关部门停电。

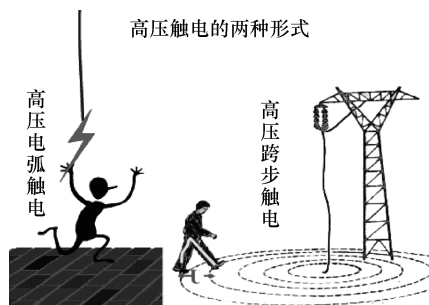


图 9-14 高压触电的两种形式

2) 带上绝缘手套, 穿上绝缘靴, 用相应电压等级的绝缘工具按顺序拉开开关。

3) 抛掷裸金属线使线路短路接地, 迫使保护装置动作, 断开电源。注意抛掷金属线之前, 先将金属线的一端可靠接地, 然后抛掷另一端。抛掷的一端不可触及触电者和其他人。注意这种方法只能在万不得已的情况下使用, 否则措施不当救人者也会触电。

如果触电者触及断落在地上的带电高压导线, 如尚未确证线路无电, 救护人员在未做好安全措施 (如穿绝缘靴或临时双脚并紧跳跃地接近触电者) 前, 不能接近断线点至 8 ~ 10m 范围内, 以防止跨步电压伤人。

触电者脱离带电导线后也应迅速带至 8 ~ 10m 以外, 并立即开始急救。

☞ 切断高压电源法 ☞

高压触电打电话, 供电部门来停电。
安全措施未做好, 应离八至十米远。
穿绝缘靴戴手套, 绝缘工具拉开关。
临近架空高压线, 抛掷一根短路线。
线路短路并接地, 保护动作就断电。
伤者脱离电源后, 立即带到安全点。
针对症状施急救, 直到来了医务员。

5. 判断触电者伤情的方法

触电伤员如意识丧失, 应在 10s 内, 用看、听、试的方法, 迅速判定伤员的呼吸、心跳情况, 如图 9-15 所示。

看: 看伤员的胸部、腹部有无起伏动作。

听: 用耳贴近伤员的口鼻处, 听有无呼气声音。

试: 试测口鼻有无呼气的气流, 再用两手指轻试一侧 (左或右) 喉结旁凹陷处的动脉有无脉搏。

若看、听、试的结果既无呼吸又无颈动脉搏动, 则可判定为呼吸、心跳停止, 应立即进行急救。

呼吸是否停止应 5s 内完成判断, 方法如下:

1) 在保持气道通畅的前提下, 压头抬颌后, 救护人用耳朵贴近触电者的嘴鼻, 如图 9-16 所示。

2) 眼看 (胸部起伏)、耳听 (气流) 面感 (气息)。

3) 若没有胸部起伏、气息、气流, 即可人工呼吸。

在检查及现场抢救时, 应将触电者移到通风干燥处, 解开紧身衣服; 检查触电者的口腔, 清理口腔的粘液, 如有假牙, 则取下; 就地抢救, 如呼吸停止, 采用口对口人工呼吸抢救, 若心脏停止跳动或不规则颤动, 可进行人工胸外挤压法抢救。不能无故中断。

真正死亡有五个体征, 即心跳、呼吸停止; 瞳孔固定放大; 出现尸斑; 尸僵; 血管硬化 (或肛门松弛)。在这五征象中, 若缺少一项, 则都应只能当做假死, 即是昏迷休克,

应尽力抢救，不可放弃。

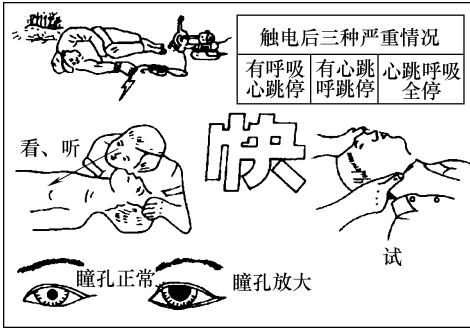


图 9-15 迅速检查症状

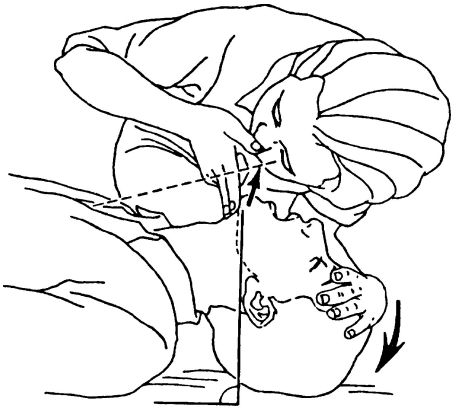


图 9-16 判断呼吸

注意，现场抢救中，千万莫打强心针，即肾上腺素，触电是电流经过了人体，使心脏受到损伤，造成脑神经麻痹，若打强心针是再次刺激心脏，则如同雪上加霜，将会加速死亡。但在医院有除颤设备或药物的条件下可以使用。

迅速查症状方法

就地仰面来躺平，畅通气道先搞定。
判断神志方法多，一至二项已足够。
大声呼喊名和姓，拍打肩膀或脸部。
不言不语没反应，用力拧他手指甲。
强烈刺激无反应，判断伤者神不清。
神志不清不可怕，三种方法判呼吸。
一看伤者胸和腹，观察有无起和伏。
二听有无气流声，用耳贴在口鼻处。
三试是否微弱气，纸片棉花放鼻口。
呼吸有无很重要，同时还要查心跳。
手放触电者前额，头部保持向后仰。
另手食指和中指，指尖触摸颈动脉。
感受动脉静或动，确定心跳有与无。
判断过程限 10s，滴答声声值足金。

6. 口对口人工呼吸法

口对口人工呼吸是用人工方法使气体有节律地进入触电者的肺部，再排出体外，使他获得氧气，排出二氧化碳，人为地维持呼吸功能。

通畅气道后，让触电者向上仰卧，解开他的衣领、松开上身的紧身衣、围巾等，使胸部能自由扩张，以免妨碍呼吸。

救护者自己深吸一口气，对着触电者的口（两嘴要对紧不要漏气）将气吹入，造成吸气。为使空气不从鼻孔漏出，此时可用一手将其鼻孔捏住，在触电者胸壁扩张后，即停止吹气，让触电者胸壁自行回缩，呼出空气。这样反复进行，如图 9-17 所示。

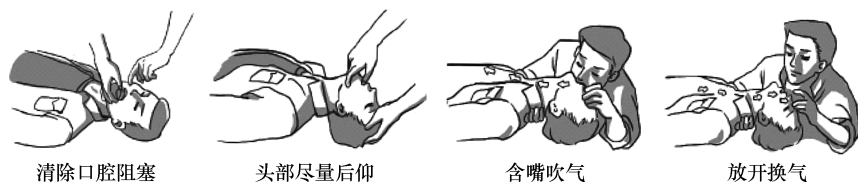


图 9-17 口对口人工呼吸法操作步骤

操作时，应掌握好吹气速度，对成人是吹气 2s，停 3s，5s 一次。成年人每分钟 12 ~ 16 次，对儿童是每分钟吹气 18 ~ 24 次。

触电者的嘴不能掰开时，可进行口对鼻吹气。方法同上，只是要用一只手封住嘴，以免漏气。

人工呼吸口对口

伤员仰卧平地上，解开领扣松衣裳。
张口捏鼻手抬颌，贴嘴吹气看胸张。
张口困难吹鼻孔，五秒一次吹正常。
吹气多少看对象，大人小孩要适量。

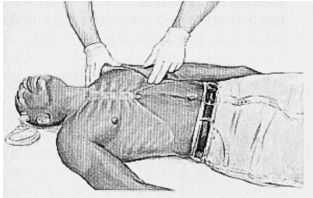
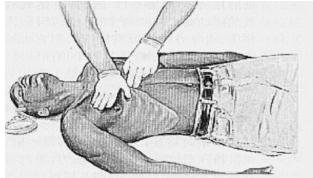
7. 胸外心脏按压法

如果触电者停止心跳，应立即进行胸外心脏按压急救。采用胸外心脏按压法容易引起肋骨骨折，因此压胸的位置和用力大小要十分注意。

1) 按压位置的确定：由触电者的胸部（近施救者侧），找寻肋骨下缘，沿肋骨缘向上滑动，至肋骨与胸骨交汇的胸窝处，即为按压位置。将中指置于心窝处，食指紧靠中指，置于胸骨上定位。将另一掌的掌根紧靠在已定位的食指旁，使掌根的位置正好放在胸骨的中线上。掌根放好位置后，另一手重叠于其上。具体操作方法见表 9-13。

2) 按压姿势：地上采用跪姿，双膝平病人肩部；床旁应站立于踏脚板，双膝与病人躯干齐平；双臂绷直，与胸部垂直不得弯曲；以髋关节为支点，腰部挺直，用上半身重量往下压（利用杠杆原理），如图 9-18 所示。

表 9-13 按压位置确定步骤及方法

步 骤	按压位置确定	图 示
1	胸骨下部 1/2 处，右手沿肋弓向中线滑动，一只手的食、中指放在肋缘下	
2	沿肋骨缘向上滑到胸骨底部（剑突处），把另一只手掌根靠在手指上（胸骨下半部）	
3	第二只手重叠在第一只手上手指交叉、掌根紧贴胸骨	

3) 用力方式：双肩在双手正上方，借用上半身的重量垂直向下按压；按压后必须完全解除压力；胸部弹回原位；手掌根部始终紧贴胸骨，保持正常位。

4) 按压方法：急救者的手掌掌根置于触电者胸骨下 1/3 处；按压时，急救者双肩应在胸骨上方，垂直向下压，按压与放松时间应相等。每分钟按压频率为 60 ~ 70 次，胸骨下陷 4 ~ 5cm。

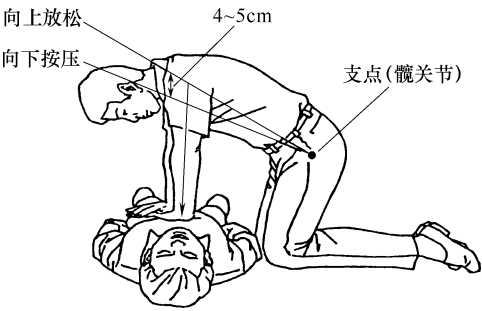


图 9-18 按压姿势示意图

胸外心脏按压操作步骤如图 9-19 所示。

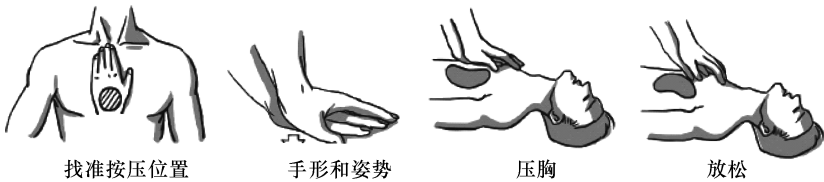


图 9-19 胸外心脏按压法操作步骤

在进行心脏按压的同时，还可进行人工呼吸。一般做 30 次胸外按压，做 2 次人工呼吸。也可以胸外按压和人工呼吸同时进行，如图 9-20 所示。

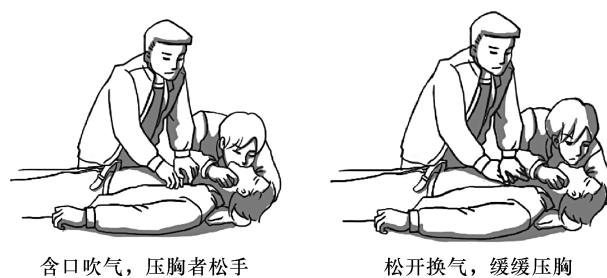


图 9-20 口对口人工呼吸和胸外心脏按压法同时进行

以上急救一定要坚持到救护车到达。

参 考 文 献

- [1] 杨清德. 全程图解电工操作技能 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [2] 杨清德. 图表细说企业电工应知应会 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [3] 杨清德. 低压电工技能直通车 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [4] 杨清德. 电工基础技能直通车 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [5] 杨清德. 电工识图直通车 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [6] 杨清德. 图解电工技能 [M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [7] 杨清德. 图表速学电工技能 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [8] 杨清德. 图说电工实用技能入门 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [9] 杨清德. 图说电工识图入门 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [10] 杨清德. 图说万用表使用入门 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [11] 杨清德. 电工技能 400 问 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [12] 杨清德. 电动机控制电路 400 问 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [13] 杨清德. 电工识图 400 问 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [14] 杨清德. 电工仪表 400 问 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [15] 杨清德. 零起步巧学低压电控系统 [M]. 2 版. 北京: 中国电力出版社, 2013.

书 名	书 号	定 价	出 版 时 间
实用电工手册	36408-5	188	201303
常用电工技术数据速查手册	41311-0	99	201304
实用电工工具与电工材料速查手册	38538-7	88	201209
简明实用电工手册（第4版）	43644-7	49.8	201308
电工实用技能手册（第2版）	32980-0	98	201201
维修电工技能手册（第2版）	29264-7	88	201106
装修电工宝典	42244-0	18	201306
电工技能9天速成	38894-4	29	201208
电工操作口诀宝典	42438-3	19.8	201307
电工技能口诀（第2版）	39634-5	19.9	201210
电工速算口诀	39049-7	19.8	201308
电力施工及用电安全口诀	35043-9	19.8	201108
静电安全防护要诀（第2版）	33171-1	23	201103
电工安全禁忌口诀	33015-8	20	201103
电工口诀（第3版）	29416-0	24.8	201306
农电安规速记口诀	26764-5	10	201205
电工安全操作禁忌实例	24378-6	18	200808
双色图解电工识图入门	42445-1	39.9	201306
常见电气故障排除技术技能手册	42416-1	49.9	201306
常用电动工具维修一点通	43426-9	49.9	201309
电工实训教程	42668-4	39.8	201307
电工·水·电·暖·气·安防与智能化技能全攻略	39947-6	50	201301
学电工技术超简单	39974-2	39.9	201306
电动工具维修速成	38143-3	44.8	201207
电动工具使用与维修960问	42299-0	69.8	201307
电工技能随身读	35768-1	28	201206
图说万用表使用入门	35279-2	33	201111
图说电工实用技能入门	34722-4	39.8	201108
家装电工上岗技能一本通	37966-9	36	201206
维修电工从业上岗一本通	36861-8	29.8	201202
电焊工从业上岗一本通	37118-2	38	201203

以上图书由机械工业出版社 电工电子分社出版。如需要更多的专业图书信息，请登录 www.cmpbook.com。

地址：北京市西城区百万庄大街22号（100037）

购书咨询：010-88379766

如要出版新著，请与编辑联系。

编辑电话：010-88379764

投稿邮箱：fuchenggui52@163.com

电工电子名家畅销书系

书 名	作者 (主编)
图解电工口诀	才家刚
图解电工基础	郎永强
图解电工技能入门	杨清德
图解维修电工技能一点通	黄海平
图解家装电工技能一点通	周志敏
图解当代电工室内电气配线与布线一点通	流 耘
图解电动机使用入门与技巧	孙克军
图解低压电工上岗跟我学 (双色版)	秦钟全
双色图解电工识图入门	郑凤翼
双色图解万用表检测电子元器件	韩雪涛
双色图解电子元器件核心知识与选用	胡 斌
图解电子电路一点通	姜有根
图解万用表使用从入门到精通	孙立群
图解LED应用从入门到精通	刘祖明
图解小家电维修从入门到精通	阳鸿钧
图解液晶彩色电视机检修从入门到精通	杨成伟
图解液晶彩电开关电源维修技能快训	张新德
图解电动自行车/三轮车维修从入门到精通	刘遂俊
全彩图解空调器维修从入门到精通	李志锋
图解PLC技术问答	张运刚
图解变频器技术问答	咸庆信
图解PLC技术一点通	李长军
图解数控技术一点通	李方园
图解变频器使用与电路检修	蔡杏山
电工电子实用电路365例	王兰君
简明实用电工查算手册	方大千
常见电气故障排除技术技能手册	白玉岷

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

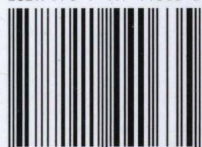
封面防伪标均为盗版

上架指导 工业技术 / 电工技术

ISBN 978-7-111-44063-5

策划编辑◎付承桂

ISBN 978-7-111-44063-5



9 787111 440635 >

定价: 49.00元